MAGAZIN
€ 4,99 | 02/2019 Mit DVD für € 6,50 erhältlich

So greift Intel 2019 an. S. 66

Ausgabe 220
PC Games Hardware
www.pcgameshardware.de ▪ www.pcghx.de

Die beste Grafikkarte

für AMD Ryzen 7 2700X

S. 10

Auf dem Prüfstand: 6 AMD- und Nvidia-Karten

Vergleichstest 10× RTX 2080

Prüfstand: Sind bis zu 170 Euro Aufpreis gerechtfertigt? S. 38

18-Kerner Core i9-9980XE

Test und Tuning: Das leistet der 2.000-Euro-Prozessor. S. 56

Test: 20 SSDs, 4 Ryzen-Boards u.v.m.

SSDs, Mainboards und Gehäuse: Diese Hardware ist ihr Geld wirklich wert. ab S. 70

€ 4,99 | Ausgabe 02/2019
Österreich € 5,60 | Schweiz sfr 8,50 | Benelux € 5,90 | Italien, Spanien, Portugal, Frankreich € 6,50 | Dänemark dkr 54,95
02
4 197055 104992

JOURNEY BEYOND
METRO
EXODUS
INSPIRIERT VOM INTERNATIONALEN BESTSELLER
METRO 2035 VON DMITRY GLUKHOVSKY
15. FEBRUAR
4A GAMES
DEEP SILVER
4K ULTRA HD
HDR
OPTIMIERT FÜR XBOX ONE X
Features and technical capabilities, including 4K and HDR, vary by console.
© 2019 Koch Media GmbH and published by Deep Silver. Developed by 4A Games.

XBOX ONE

Logbuch #220: Monsterausgabe, Lesbarkeit und Photoshop-PC

Thilo Bayer
Chefredakteur
PC Games Hardware

Monsterausgabe: Eigentlich ist die Heftproduktion direkt vor Weihnachten traditionell eher einer „Horrorausgabe", weil durch die Feiertage produktionsbedingt die Druckseiten früher abgegeben werden müssen als sonst. Schließlich sollen Sie ja spätestens am 1. Mittwoch im Januar Ihr Heft in den Händen halten. Anstatt wie üblich vier Wochen müssen dann einfach drei Wochen ausreichen, um ein Heft fertigzustellen. Das PCGH-Team hat sich aber nicht damit abgefunden, am redaktionellen Umfang zu sparen, sondern sich mächtig ins Zeug gelegt, um die letzte 2018 produzierte Ausgabe richtig dick werden zu lassen. Ein riesiges Lob an das gesamte Team! Über 116 redaktionelle Seiten, das gab es nicht oft in der PCGH-Geschichte und ich hoffe, dass Ihnen diese Ausgabe besonders gut gefällt. Falls ja: Schreiben Sie mir doch an tb@pcgh.de.

Lesbarkei, Teil 2: Schon im letzten Editorial habe ich darauf hingewiesen, dass wir Schritt für Schritt die Lesbarkeit in Tabellen, Extrakästen und Testübersichten verbessern wollen. Mit der Ausgabe 02/2019 machen wir jetzt den nächsten Schritt, zum Beispiel bei der AM4-Mainboardübersicht ab Seite 70. Sind wir auf dem richtigen Weg? Ich würde mich über Ihr Feedback an tb@pcgh.de freuen.

Photoshop-PC: Der Duke Nukem unter den angekündigten Artikeln, der ideale Photoshop-PC, ist tatsächlich in dieser Ausgabe zu finden. Nach über vier Jahren war es an der Zeit, die Leistungsfähigkeit von PC-Komponenten im Zusammenspiel mit der Adobe-Bildbearbeitung erneut auf den Prüfstand zu stellen. Wie finden Sie das Endergebnis ab Seite 18? Schreiben Sie mir Ihre Meinung an tb@pcgh.de.

AMD-Sonderheft: Zum Schluss möchte ich Ihnen noch ein aktuelles, rein digitales AMD-Sonderheft zum Thema Radeon und Ryzen nahelegen. Auf fast 160 Seiten bekommen Sie für 3,99 Euro ein Kompendium, das es in der Form kein zweites Mal gibt. Alle Artikel wurden dafür extra überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht, manche gab es in der Form noch nicht in gedruckter Form. Mehr Infos bekommen Sie unter www.pcgh.de/amd.

Einen guten Rutsch und viel Spaß mit der Ausgabe Nummer 220 wünscht Ihr

Thilo Bayer

DISCORD

Jetzt mitreden:
PCGH neu auf Discord

https://discord.gg/ZJjE92A

AMD Sonderheft

www.pcgh.de/amd

Der PCGH-Gehäusepapst führt mit sechs bunt blinkenden Hardware-Heimen unter 100 Euro einen Vergleichstest

Willi und Thilo stellen die Hardware respektive den Rechner zusammen, mit dem Sie alle Photoshop-Bildbearbeitungen flott und verzögerungsfrei erledigen.

Raff ist schwer mit der schriftlichen Auswertung des RTX-2080-Tests beschäftigt.

Die Redaktion im Dezember 2018

+++ Torsten testet in seiner AM4-Platinen-Nachlese vier neue Mainboards für AMD-Ryzen-Prozessoren **+++ Manuel** vergleicht die neuen SSDs mit QLC-NAND-Flash mit alten, noch aktuellen Modellen **+++ Alexandros** wirft einen genauen Blick ins Innere eines Netzteils und erklärt die Technik **+++ Daniel** darf mit dem Core i9-9980XE Intels aktuelle Flaggschiff-CPU testen **+++ Phil** entlarvt die oft schwammigen Systemanforderungen der Spieleentwickler **+++**

Heftinhalt

SPECIAL

Praxis: Der ideale PC für Photoshop **18**
PCGH überprüft, welche PC-Komponenten respektive welcher PC sich ideal für Bildbearbeitung mit Adobes Photoshop-Software eignet.

Praxis: Systemanforderungen von Spielen versus Realität **24**
Wir analysieren mit drei Spielen die von den Herstellern häufig nur vage formulierten Systemanforderungen und geben realistische Auskunft.

GRAFIKKARTEN

Startseite: **36**
Test: Übertaktungswunder Geforce GTX 1060 GDDR5X + Leistungsindex von 20 Grafikkarten

Test: 10 × Geforce RTX 2080 ..... **38**
- Asus RTX 2080 Turbo 8G
- Asus RTX 2080 Dual O8G
- Asus RTX 2080 ROG Strix O8G
- Gainward RTX 2080 Phantom GLH
- Gigabyte RTX 2080 Gaming OC
- MSI RTX 2080 Duke 8G OC
- Nvidia RTX 2080 Founders Edition
- Palit RTX 2080 Gaming Pro OC
- Palit RTX 2080 Game Rock Premium
- Zotac RTX 2080 AMP

Praxis: Radeon Software Adrenalin 2019 ..... **50**
Die 23 neuen oder überarbeiteten Funktionen des Treiber-Updates in der Zusammenfassung

Info: Titan-GPUs: Übersicht und Sinnfrage **52**
PCGH-Redakteure debattieren über die Attraktivität, den Nutzen und den Preis von Titan-GPUs.

PROZESSOREN

Startseite: **54**
Erste Infos zur AMD-Ryzen-3000-Reihe, Umfrageergebnis: Die CPUs der PCGH-Community, Leistungsindex von 25 Prozessoren

Test: Core i9-9980XE **56**
- Intel Core i9-9980XE
- Intel Core i9-7980XE
- AMD Ryzen Threadripper 2950X

Praxis: Tuning Core i9-9980XE **64**
Mit unseren Tuning-Tipps machen Sie Intels Schnellsten noch etwas schneller.

Info: Intels Pläne für die Zukunft **66**
Welche Innovationen haben wir in den nächsten zehn Jahren bei der x86-Architektur zu erwarten? Wir stellen Intels Zukunftspläne vor.

INFRASTRUKTUR

Startseite: **68**
Test: Dell Alienware m15 (handliches Notebook), Vorstellung Beyerdynamic Team Tygr (Kopfhörer-Mikrofon-Bundle), Infos: Enermax Saberay White (Gehäuse mit RGB-Beleuchtung)

Test: Vier neue AM4-Mainboards **70**
- Asrock X470 Taichi
- Asus TUF B450-Plus Gaming
- Biostar Racing B450GT3
- MSI B450M Mortar Titanium

Test: 20 SATA- und PCI-E-SSDs **78**
- Adata XPG Gammix S5 (512 GB), XPG SX8200 Pro (512 GB), XPG SX950U (480 GB)
- Corsair Force Series MP510 (960 GB)
- Crucial BX500 (240 GB, 480 GB), MX500 (1.000 GB), P1 SSD (1.000 GB)
- Gigabyte SSD (256 GB)
- Intel 760p (512 GB), SSD 660p (512 GB)
- Kingston Hyper X Fury RGB (480 GB)
- Mushkin Source (500 GB)
- Samsung SSD 860 Evo (1.000 GB), SSD 860 QVO (2.000 GB), SSD 970 Evo (1.000 GB), SSD 970 Pro (512 GB)
- Teamgroup T-Force Delta RGB SSD (500 GB)
- Toshiba XG6 (1024 GB)
- WD Black NVMe (1.000 GB)

Test: Fünf DDR4-Kits mit RGB-LEDs **86**
- G.Skill Trident Z Royal (F4-3200C14Q-32GTRG)
- Gigabyte Aorus RGB Memory (GP-AR32C16S8K2SU416R)
- Hyper X Predator RGB (HX432C16PB3AK2/16)
- Patriot Viper RGB (PVR416G320C6KW)
- LG 32GK850F-B
- MSI Optix MAG271CR
- Philips 436M6VBPAB
- Teamgroup Xcalibur RGB General Edition (TF5D416G3600HC18EDC01)

Test: Sechs Gehäuse unter 100 Euro **90**
- Bitfenix Enso Mesh
- Chieftec Scorpion 2
- LC-Power Gaming 998B Rambot
- Sharkoon Pure Steel
- Silentiumpc Armis AR7 TG RGB
- Thermaltake Versa J24 TG ARGB

Info: Freesync & G-Sync: Stand der Dinge **96**
Details zu G-Sync und Freesync sowie den neuen Modi Freesync 2 HDR und G-Sync HDR

Info: So funktioniert ein Netzteil **102**
PCGH blickt in das Innere eines Stromgebers.

Info: Speichertechnologien **108**
So werden 100-Terabyte-Festplatten möglich.

SPIELE UND SOFTWARE

Startseite: **114**
Spiel des Monats: Mutant Year Zero – gelungene Mixtur aus Echtzeit und Runden-Taktik und ein echter Spiele-Geheimtipp

EINKAUFSFÜHRER

PC-Konfigurationen **118**
Einkaufsführer-Startseite **120**
Grafikkarten **122**
Prozessoren & RAM **123**
Kühlung **124**
Kompakt-Waküs & Mainboards **125**
Monitore & Eingabegeräte **126**
Festplatten & SSDs **127**
Gehäuse & Netzteile **128**

SERVICE

Editorial **03**
Hardware kompakt **08**
DVD-Inhalt **06**
PCGH bei Discord & Instagram **112**
Lesereinsendungen **116**
Teamseite **129**
PCGH-PCs **16**
Vorschau & Impressum **130**

OMEN OBELISK

EVERY DAY IS TRAINING DAY

SETZE EIN POWER-STATEMENT

Erlebe schnelles, flüssiges Gaming mit Grafikoptionen bis zu NVIDIA® GeForce® RTX 2080 und den neuesten Prozessoren. Dank der Flüssigkeitskühlung[1] behältst du auch dann einen kühlen Kopf, wenn es heiß hergeht.

MACHE IHN INDIVIDUELL

Hebe dich von der Konkurrenz ab – mit einem schlanken Gehäuse plus personalisierbarer RGB-Beleuchtung. Eine transparente Seitenwand und Innen-RGB-Beleuchtung (bei ausgewählten Modellen) machen deine Power für jeden sichtbar.

MACHE IHN UNSCHLAGBAR

Dank werkzeugfreiem Zugriff und micro ATX-Standards gelangst du problemlos ins Innere und kannst nach Belieben Upgrades vornehmen. Bis zu drei Speichereinheiten sorgen dafür, dass dir der Platz nie ausgeht.

Windows 10

Up your game.

OMEN by HP | OVERWATCH LEAGUE

OFFIZIELLER PC DER OVERWATCH LEAGUE

© Copyright 2018 HP Development Company, L.P. Microsoft und Windows sind Marken oder eingetragene Marken der Microsoft Corporation in den USA und/oder anderen Ländern. Bildschirmdarstellungen simuliert; Änderungen vorbehalten. Apps separat erhältlich, Verfügbarkeit variiert.

[1] Die Flüssigkeitskühlung ist separat erhältlich und nicht im Lieferumfang enthalten.

Heft-DVD

Spiele-Vollversion

- Master of Orion – Conquer the Stars

Videos aus der PCGH-Redaktion

- Pimp my PC 2018: Abschlussbericht
- Battlefield 5: Spielen mit minimalen Systemvoraussetzungen
- Vorgestellt: Fractal Design Define R6 PCGH-Edition
- PCGH-Retrospektive 07/2010

Specials

- DVD-Inlay zum Ausdrucken
- Artikel-Begleitmaterial
- **PCGH-Jahrgang 2018** als PDF mit Volltext-Suche!

Tools

- GPU-Z 2.15.0, MSI Afterburner 4.6.0 Beta 9, Nvidia Inspector 1.9.7.9, PCGH-VGA-Tool 1.0.1, Sapphire Trixx 6.4.0
- AS-SSD Benchmark 2.0.6821, Cinebench R15, Fraps 3.5.99, Prime 95 29.4 Build 8, Super Pi 1.9
- Core Temp 1.12.1, CPU-Z 1.86, HD-Tune 2.55/5.70 Trial, Speedfan 4.52, Sysinternals Suite (Juli 2018)

Treiber

- Geforce 417.22 WHQL (Windows 7/10 x64)
- Radeon Software 18.12.1.1 (Windows 7/10 x64)

Pimp my PC 2018: Abschlussbericht
Wir stellen die Rechner der glücklichen Gewinner sowie die gewählten Komponenten im Detail vor.

Spielen mit minimalen Systemvoraussetzungen
Am Beispiel von Battlefield 5 sehen wir uns an, wie gut die Minimalanforderungen für das Spiel gewählt wurden.

Fractal Design Define R6 PCGH-Edition
Wir stellen die PCGH-Edition des Define R6 von Fractal mit vielen neuen Features wie neuen Lüftern und zwei Echtglas-Seitenteilen vor.

PCGH Retrospektive 07/2010
In dieser Episode sehen wir uns die Ausgabe vom Juni 2010 mit GPU-Duell und großem Kühler-Test an.

Die DVD läuft nicht? Kein Problem! Schicken Sie eine E-Mail mit Ihrer genauen Anschrift (Name, Straße, PLZ, Wohnort) und der Ausgabennummer 02/2019 unter dem Betreff „PC Games Hardware: DVD-Reklamation" an computec@dpv.de.

Bitte beachten Sie, dass wir im Heft aus lizenzrechtlichen Gründen keinen direkten Installationsschlüssel abdrucken. Sie erhalten ihn, indem Sie den Key auf der Codekarte (S. 66/67) auf www.pcgh.de/codes (NICHT: pcgames.de) einlösen.

Vollversion: Master of Orion

Der Weltraum, unendliche Weiten, dies sind die Abenteuer von … euch. Also in diesem Fall, denn der Reboot der klassischen 4X-Sci-Fi-Reihe lässt Sie erneut die Kontrolle über ein Volk übernehmen, mit dem Sie fortan die Galaxie erobern dürfen. Forschung, Diplomatie, Militär, Schiffsdesign – all das steht unter Ihrer Kontrolle. Die Macher von Wargaming orientierten sich dabei am Original, indem Sie etwa alle zehn Rassen aus dem Urspiel implementierten.

Installation

Bei unserer Vollversion zu Master of Orion handelt es sich um eine steamgebundene Version. Wir bitten allerdings Folgendes zu entschuldigen: Aus technischen Gründen konnten wir leider diesmal keinen Launcher auf die DVD packen, der per Klick von der Disc aus Ihren Steam-Client öffnet. Stattdessen bitten wir Sie, Steam einfach per Hand zu starten, Ihren Key dort einzugeben und das Spiel herunterzuladen. Den Steam-Key erhalten Sie, indem Sie den Code auf der dem Heft beiliegenden Code-Karte unter www.pcgameshardware.de/codes einlösen. Viel Spaß beim Spielen!

Fakten zum Spiel

- Genre: Strategie
- Publisher: Wargaming
- Veröffentlichung: 26. Februar 2016

Systemvoraussetzungen

Mindestens: Windows 7/8/10 (64 Bit), Intel Core 2 Duo 2,0 GHz / AMD Athlon X2 2,2 GHz, 2 GiB RAM, Geforce GT 240, Radeon HD 4650, 15 GB freier Festplattenspeicher (Herstellerangaben)

Empfohlen: Windows 7/8/10 (64 Bit), Intel i5 2,8 GHz / AMD Athlon X4 3,0 GHz, 4 GiB RAM, Geforce GTX 560, Radeon HD 5870, 15 GB freier Festplattenspeicher (Herstellerangaben)

Darf's Mensch sein, Marsmännchen oder eine wirklich ausgefallene Kreatur? Sogar eigene Rassen können wir uns zusammenstellen.

Die Präsentation des Spiels nimmt sich nicht allzu ernst. Da sprechen auch mal Roboter in bester Moderatoren-Manier über unsere Taten.

Wie früher die ersten Siedler erforschen wir das Weltall, erobern Land und treten in Kontakt mit allen möglichen und unmöglichen Außerirdischen.

Hardware kompakt

Was ist Wichtiges in der Technikwelt passiert? PCGH fasst kurz zusammen.

High-End-Sound is back!

Creative plant die Einführung einer neuen Premium-Soundkarte, die über einen externen Digital-zu-Analog-Wandler (DAC) mit XLR-Stecker und Phantomspeisung verfügt. Auf der PCI-Express-x1-Steckkarte kommt der Audio-Chip „Creative Sound Core 3D" zum Einsatz, während die mit einem Mini-HDMI-Kabel angeschlossene Box über ein ESS Sabre 32 verfügt. Denkbar ist hier der ES9018, da dieser über einen Geräuschabstand von 129 Dezibel verfügt. Die größte Besonderheit ist aber wohl die Phantomspeisung mit 48 Volt Spannungszufuhr, die häufig bei Studio-Mikrofonen eingesetzt wird, die wiederum immer beliebter bei Streamern werden. Normalerweise benötigt man dafür noch ein separates Audio-Interface oder ein Mischpult, sodass Creative hier eine Nische bedienen könnte. Der Sound lässt sich zudem über vier gesockelte und austauschbare Op-Amps anpassen. *(ab/mm)*

Bild: pcworld.com

RAM mit Diamantoptik: Trident Z Royal von G.Skill

Das RAM-Portfolio des Chip-Herstellers G.Skill wurde um eine DDR4-Oberklasse erweitert, die den Namen Trident Z Royal trägt – und Royal wird hier großgeschrieben, denn die RAM-Riegel verfügen über eine edle Optik aus glänzendem polierten Aluminium mit Kristallen aus Acrylglas für die RGB-LEDs. Als Basis für den exquisiten RAM dienen die PCBs und Speicherchips der Trident-Z-Module, sodass lediglich der Heatspreader und die Verkleidung der Leuchtmittel anders ausfällt. Hier hat der Kunde mit Hang zum Pompösen die Wahl zwischen silber- oder goldfarbenen eloxiertem Aluminium. G.Skill will den geadelten Arbeitsspeicher in zahlreichen Zusammenstellungen anbieten, sodass die spezifizierten Taktraten von DDR4-3000 bis DDR4-4600 reichen und in verschieden großen Kits ab Mitte Januar erstanden werden können. *(ab/mm)*

Codename Xe: Enthusiasten-Grafikkarten von Intel ab 2020

Intel hat auf dem hauseigenen Architecture Day über die kommenden Prozessoren, die intergrierte Gen11-Grafik und auch über seine bisher als Arctic Sound bekannte dedizierte Grafikkarte gesprochen. Unter dem Kürzel X, mit hochgestelltem e, soll bis 2020 eine GPU-Architektur entwickelt werden, die schlussendlich in zwei Mikroarchitekturen mündet: Eine für Rechenzentren und KI-Forschung, die andere für den Endkundenmarkt. Bestätigt wurde auch, dass es extra für Spieler einige Ableger geben soll und die für Endkunden optimierte GPU soll zunächst als Basis für die integrierte Gen12-Grafik dienen. Intel widerspricht damit den Spekulationen, dass die hauseigenen Grafikkarten erst einmal nur den günstigeren Massenmarkt abdecken würden. Als Strukturbreite für die GPUs bestätigte Chefarchitekt Koduri die 10-nm-Fertigung, die auch für die Ice-Lake-CPUs herangezogen wird. *(ab)*

Bild: videocardz.com

Kommt bald eine RTX 2060?

In der Benchmark-Datenbank von Geekbench wurde die Geforce RTX 2060 gesichtet, zumindest handelt es sich bei dieser Grafikkarte um ein Turing-Exemplar für den mobilen Einsatz. Im Benchmark zeigt die kommende Mittelklasse-GPU 30 Compute-Units (CU), Turing selber nutzt 64 ALUs pro CU, sodass man mit 1.920 FP32-ALUs rechnen kann – genauso viele wie bei einer GTX 1070 mit teildeaktivierter GP-104-GPU. So könnte beim neuen Turing-Ableger ein beschnittener TU106 oder ein ganz neuer TU107 zum Einsatz kommen. Damit würde die RTX 2060 über 16 Prozent weniger ALUs verfügen und ein 192 Bit statt eines 256 Bit breiten Interfaces mit 6 GiByte GDDR6-RAM nutzen. Auf der Website videocardz.com ist mittlerweile das erste angebliche Custom-Design von Gigabyte zu sehen. Dennoch ist fraglich, ob die Desktop-Version so bald erscheinen wird, da die Lager für GTX 1060 noch gefüllt sind und Nvidia diese Karten erst loswerden will. *(ab/mm)*

Gerücht: AMD Navi 10 mit RTX-2080-Performance

Der im Chiphell-Forum aktive und für Insiderinformationen bekannte User „wjm47196“ hat die Gerüchteküche zu AMDs Navi-Architektur weiter entfacht. Laut einem Forumspost vom 5. Dezember wird die Navi-10-GPU, deren Release für das zweite Halbjahr 2019 geplant ist, über keine Raytracing-Funktion verfügen, soll dafür aber die Leistung einer RTX 2080 abliefern können. Die brandneue 7-nm-Fertigung soll sich zudem positiv auf den Endkundenpreis für die kommenden GPUs auswirken und wird wahrscheinlich auch „eine Überraschung bei der Energieeffizienz“ ermöglichen können.

Dieses Gerücht würde AMDs bisherigem Verhalten widersprechen, da Navi (10) primär für die Mittelklasse konzipiert wurde. Denkbar wäre, dass die Skalierbarkeit und Energieeffizienz der Navi-Architektur von AMD bereits erfolgreich gelöst wurde und einem Release mehrerer Chips in einigen Monaten nichts mehr im Wege steht. Dennoch sind Gerüchte bekanntermaßen mit Vorsicht zu genießen. Wenn Navi mit einer Geforce RTX 2080 mithalten möchte, muss die Architektur ordentlich zulegen: Rund 40 Prozent mehr Performance müsste Navi 10 gegenüber einer aktuellen Radeon RX Vega 64 im Mittel aufbringen können (Basis: PCGH-Leistungsindex).

Man darf dennoch gespannt sein, inwieweit sich die Behauptungen des Users bewahrheiten und ob Preis und Energieeffizienz sich auf hauseigene oder Nvidia-Produkte beziehen. Vielleicht wird AMD Anfang 2019 zur CES bereits offizielle Informationen zu den kommenden GPUs veröffentlichen, wünschenswert wäre es. *(ab)*

Keine Spionage-Chips verbaut

Im Oktober hatte ein Bloomberg-Artikel über Server-Mainboards von Supermicro für Furore gesorgt, da laut den Autoren ein winziger Chip vom chinesischen Militär den Weg auf die Boards des Herstellers gefunden haben soll. Die betroffenen Unternehmen, darunter Amazon und Apple, dementierten das. Wie sich nun herausstellt, scheint es auf den Boards, in der Software oder in den Design-Dateien keinerlei Hinweise auf besagten Chip oder andere Backdoors zu geben. Das bestätigte das unabhängige Investigativbüro Nardello & Co., das sich des Falles annahm. Bloomberg bleibt jedoch bei der Darstellung im Report. *(ab)*

Vega 2: Schutzmarke gefunden

In den USA hat AMD ein neues Logo als Schutzmarke registrieren lassen, das eindeutig ein Vega-V darstellen soll, jedoch besitzt das neue Design zwei Einkerbungen. Die Vermutung liegt deshalb nahe, dass es sich hier um ein Nachfolgeprodukt mit Vega-Architektur handeln könnte. Insgesamt brodelt die Gerüchteküche diesbezüglich wieder enorm und bisher haben sich drei Möglichkeiten herauskristallisiert: ein Vega-10-Refresh in 12 nm, ein neuer Marketing-Ansatz für Vega 20 (in 7 nm) oder sogar Vega II als öffentlich kommunizierter Name für die Navi-Generation. AMD könnte mit dem Logo auch die 7-nm-Fertigung hervorheben: Das V ergibt mit den beiden Strichen die römische Sieben (VII). *(ab/mm)*

Pure Power.
Pure Gold.

PURE POWER 11

Pure Power 11 setzt auf Gold: Mit 80 PLUS® Gold-Effizienz erreicht es den Höchst-wert in seiner Klasse. Fünf Jahre Herstellergarantie untermauern den hohen Qualitätsstandard, mit bis zu 700 Watt Leistung und dem optionalen Kabelmanagement ist es ein Netzteil für jedermann.

Werte Dein System mit unserem goldenen Bestseller auf und verlasse Dich auf die bestmögliche Kombination von Ausstattung, Leistung und Qualität zu einem äußerst attraktiven Preis.

- 80 PLUS Gold Effizienz (von bis zu 92%)
- Zwei starke 12V-Leitungen
- Geräuschoptimierter 120mm be quiet! Lüfter
- Bis zu vier PCI-Express-Stecker für leistungsfähige Multi-GPU-Konfigurationen
- Umfassender Schutz der wertvollen PC-Komponenten

Für mehr Informationen besuchen Sie **bequiet.com**

Erhältlich bei: alternate.de · arlt.de · bora-computer.de · caseking.de · computeruniverse.net
conrad.de · hiq24.de · e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de · reichelt.de

be quiet!®

Die beste Grafikkarte für den Ryzen 7 2700X

Welche Grafikkarte passt am besten zu AMDs flottem Achtkerner? Profitieren Ryzen-Nutzer von aktuellen Radeon-Karten oder werden Letztere von Nvidia geschlagen?

Fast ein Jahr ist es nun her, dass wir die beste Grafikkarte für AMDs erste Ryzen-CPUs gesucht haben. Das Augenmerk des Artikels lag jedoch auf der Zusammenarbeit zwischen AMD-CPUs und -Grafikkarten. Nun ist die zweite Ryzen-Generation ebenfalls äußerst beliebt in der PCGH-Community und liegt derzeit bei einem Marktanteil von 10,62 Prozent. Zusammen mit der ersten Generation kommen Ryzen-Prozessoren damit auf 24,58 Prozent. Ein Viertel sieht natürlich nicht nach viel aus, der Zuwachs an AMD-Rechenherzen ist jedoch beachtlich.

Grün, Blau oder Rot?

Gründe für die steigende Beliebtheit der Zen-Architektur sind das außerordentlich gute Preis-Leistungs-Verhältnis bei AMD und Intels derzeit absurde Preislage. AMD bietet mit dem Ryzen 7 2700X einen guten Achtkerner und mit dem Ryzen 5 2600X einen guten Sechskerner feil. Aktuell sind sechs bis acht Kerne sowie ein hoher Takt in vielen Spielen optimal, denn die Mehrzahl aktueller Titel nutzt moderne Multicore-Architekturen gut aus. Erst ab acht Kernen fängt der Leistungszuwachs pro Kern zu bröckeln an. Nun stellt sich natürlich die Frage, ob AMD-Prozessoren besser mit einer Radeon-Grafikkarte harmonieren als mit den Geforce-Karten der Konkurrenz.

Um festzustellen, ob die Kombination Ryzen-Radeon oder Ryzen-Geforce bessere Resultate liefert, haben wir das aktuelle Topmodell Ryzen 7 2700X (8C/16T) durch den Benchmark-Parcours geschickt. Die CPU wird auf der Nvidia-Seite von einer MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio, einer EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX und einer Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition betrieben. Auf der AMD-Seite wird sie von einer Sapphire

Assassin's Creed Odyssey hat Nvidia lieber.

„Athen" (DX11): 1.280 × 720, CPU-lastige Settings (kein AA/AF/AO)

	P99	Ø Fps
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	51	67,4 (Basis)
EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX	50	64,7 (-4 %)
Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition	39	61,3 (-9 %)
Sapphire RX Vega 64 Nitro+	39	48,1 (-29 %)
Sapphire RX 590 Nitro+ SE	37	47,2 (-30 %)
Gigabyte RX 470 G1 Gaming	30	36,0 (-47 %)

„Athen" (DX11): 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	38	60,1 (Basis)
EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX	31	45,5 (-24 %)
Sapphire RX Vega 64 Nitro+	37	42,1 (-30 %)
Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition	25	31,4 (-48 %)
Sapphire RX 590 Nitro+ SE	26	31,1 (-48 %)
Gigabyte RX 470 G1 Gaming	15	17,9 (-70 %)

System: AMD Ryzen 7 2700X, Asus Crosshair VII Hero, 2 × 8 GiB Corsair DDR4-2667 (Dual-Rank); Windows 10 x64 (1809), Geforce 417.01 WHQL, Radeon Software 18.12.1
Bemerkungen: Hier ist die CPU der Flaschenhals, sie hält die GPUs unter 70 Fps.

P99 Ø Fps ▶ Besser

Kingdom Come mag die alte Nvidia-Oberklasse.

„Rattay Nights" (DX11): 1.280 × 720, CPU-lastige Settings (kein AA/AF/AO)

	P99	Ø Fps
EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX	16	28,7 (Basis)
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	16	27,6 (-4 %)
Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition	14	26,6 (-7 %)
Sapphire RX Vega 64 Nitro+	16	25,3 (-12 %)
Sapphire RX 590 Nitro+ SE	14	25,0 (-13 %)
Gigabyte RX 470 G1 Gaming	14	24,8 (-14 %)

„Rattay Nights" (DX11): 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX	15	27,7 (Basis)
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	15	26,9 (-3 %)
Sapphire RX Vega 64 Nitro+	15	24,9 (-10 %)
Sapphire RX 590 Nitro+ SE	13	23,8 (-14 %)
Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition	12	20,5 (-26 %)
Gigabyte RX 470 G1 Gaming	10	17,9 (-35 %)

System: AMD Ryzen 7 2700X, Asus Crosshair VII Hero, 2 × 8 GiB Corsair DDR4-2667 (Dual-Rank); Windows 10 x64 (1809), Geforce 417.01 WHQL, Radeon Software 18.12.1
Bemerkungen: Die Stadt Rattay bringt jede CPU an ihr Limit.

P99 Ø Fps ▶ Besser

The Witcher 3 liebt Nvidia, liebäugelt mit Vega.

„Skellige Forest" (DX11): 1.280 × 720, CPU-lastige Settings (kein AA/AF/AO)

	P99	Ø Fps
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	128	185,0 (Basis)
EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX	71	153,1 (-17 %)
Sapphire RX Vega 64 Nitro+	81	127,0 (-31 %)
Sapphire RX 590 Nitro+ SE	64	80,6 (-56 %)
Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition	56	73,3 (-60 %)
Gigabyte RX 470 G1 Gaming	43	58,6 (-68 %)

„Skellige Forest" (DX11): 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	53	99,2 (Basis)
EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX	56	74,2 (-25 %)
Sapphire RX Vega 64 Nitro+	50	59,6 (-40 %)
Sapphire RX 590 Nitro+ SE	31	36,4 (-63 %)
Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition	16	33,4 (-66 %)
Gigabyte RX 470 G1 Gaming	24	27,9 (-72 %)

System: AMD Ryzen 7 2700X, Asus Crosshair VII Hero, 2 × 8 GiB Corsair DDR4-2667 (Dual-Rank); Windows 10 x64 (1809), Geforce 417.01 WHQL, Radeon Software 18.12.1
Bemerkungen: Der Radeon-Geforce-Abstand ist auf den Ryzen-CPUs geradezu enorm.

P99 Ø Fps ▶ Besser

Rise of the Tomb Raider: Erst RX teils vor RTX

„Geo Valley" (DX12): 1.280 × 720, CPU-lastige Settings (kein AA/AF/AO)

	P99	Ø Fps
Sapphire RX Vega 64 Nitro+	82	127,9 (Basis)
EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX	70	122,9 (-4 %)
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	76	122,5 (-4 %)
Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition	80	121,2 (-5 %)
Sapphire RX 590 Nitro+ SE	67	119,3 (-7 %)
Gigabyte RX 470 G1 Gaming	72	98,5 (-23 %)

„Geo Valley" (DX12): 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	73	98,3 (Basis)
EVGA GTX 1080 Ti SC2 ICX	66	82,6 (-16 %)
Sapphire RX Vega 64 Nitro+	55	63,0 (-36 %)
Sapphire RX 590 Nitro+ SE	33	39,7 (-60 %)
Gigabyte GTX 1060 Xtreme Edition	11	36,0 (-63 %)
Gigabyte RX 470 G1 Gaming	4	5,4 (-95 %)

System: AMD Ryzen 7 2700X, Asus Crosshair VII Hero, 2 × 8 GiB Corsair DDR4-2667 (Dual-Rank); Windows 10 x64 (1809), Geforce 417.01 WHQL, Radeon Software 18.12.1
Bemerkungen: Direct X 12 hilft in RotTR Geforce und Radeon gleichermaßen deutlich.

P99 Ø Fps ▶ Besser

RX Vega 64 Nitro+, einer Sapphire RX 590 Nitro+ SE und einer Gigabyte RX 470 G1 Gaming begleitet. Lauscht man in Foren und hört man den allgemeinen Konsens, sollen nach wie vor Geforce-Grafikkarten die CPU-Leistung besser in Fps umwandeln als ihre Radeon-Gegenstücke. Ob das auch der Wahrheit entspricht, wollen wir mit diesem Artikel prüfen.

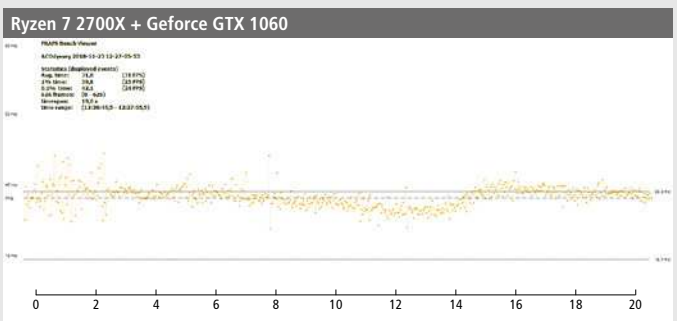
Das heutige Menü

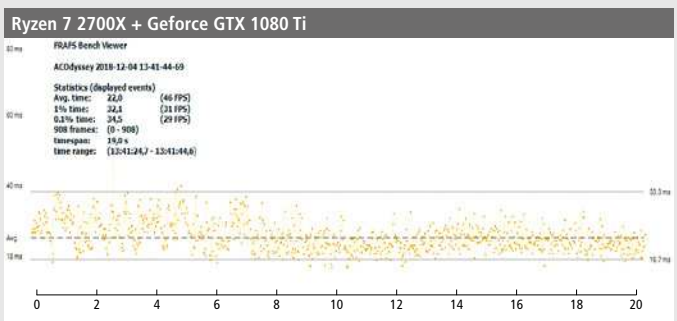
Der Fokus des Artikels liegt hier auf der CPU und der idealen Grafikkarte. Deshalb testen wir standardmäßig — wie für CPU-Tests üblich — in einer Auflösung von 1.280 × 720 Pixeln und ohne rein die Grafikkarte belastende Effekte wie Anti-Aliasing oder Post-Processing-Effekte, soweit es sich natürlich im Spiel deaktivieren lässt. Der Grund für die Tests in 720p ist recht simpel: Die Grafikleistung selbst ist unabhängig von der CPU und soll deren Entfaltung nicht behindern. Durch die niedrige Auflösung simulieren wir — auf eine gewisse Weise — eine optimale Grafikkarte und so kann sich der Prozessor frei entfalten. Die somit erhaltenen Frametimes können als „Maximum" der CPU mit einer idealen GPU verstanden werden. Wichtig ist hier noch zu sagen, dass die Ergebnisse alle den Ryzen 7 2700X als Schlüsselfaktor haben und wir mit vielen intensiven CPU-Szenen testen. Die Sache sieht mit einer anderen CPU, z. B. dem Core i7-8700K, oder einer anderen Szene, z. B. einem NPC-leeren Wald oder einer Wüste, schon wieder ganz anders aus. Zudem wollen wir erfahren, wie gut der Prozessor die jeweiligen Kommandoströme für Geforce und Radeon aufbereiten kann und mit den Eigenheiten der Treiber zurechtkommt. Zusätzlich führen wir alle Messungen auch noch in 1.440p-Auflösung durch, um zu verdeutlichen, dass mit steigender Auflösung wohl die Grafikkarte das begrenzende Element ist. Das Ganze garnieren wir noch mit einer Auflösungsskalierung bis 2.160p und einer Detailskalierung von Assassin's Creed Odyssey in Full HD. Guten Appetit!

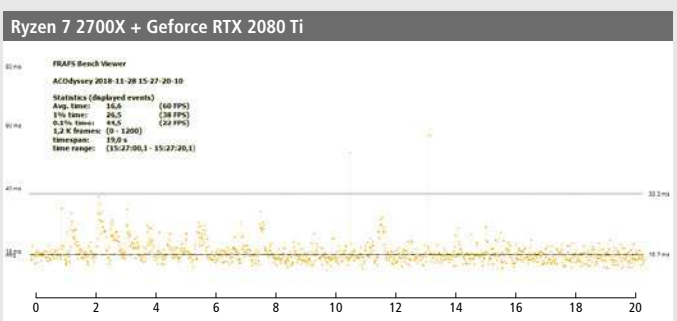
Benchmarks und Deutung

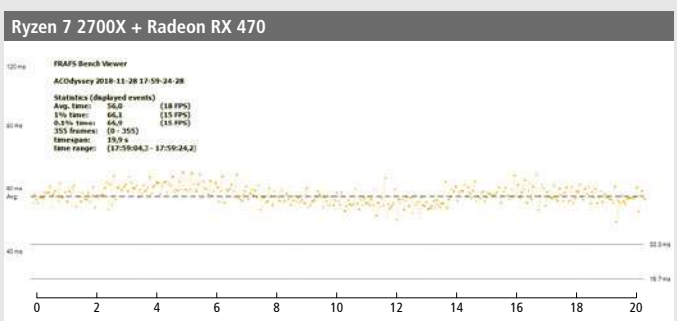
Ein kurzer Blick auf die Ergebnisse unseres Tests kann etwas abschreckend wirken: Ist Nvidia wirklich so weit vorne und AMD in allen Spielen nur so lala? Sehen wir uns die einzelnen Parcours mal genauer an. Den Härtefall markiert dabei The Witcher 3, denn hier verlieren die Geforce- und Radeon-Karten beim Sprung von 720p auf 1440p die Hälfte ihrer durchschnittlichen Fps. Getestet wird im bekannten GPU-Benchmark-Gebiet in Skellige. In 720p liegt die RTX 2080 Ti mit 185,0 Ø-Fps ganz oben. Die RX Vega 64 dagegen liegt mit 127,0 Ø-Fps rund 31 Prozent dahinter und landet damit im Mittelfeld. In der vierfachen Auflösung (1.440p schubst viermal mehr Pixel als 720p) schafft die RTX 2080 Ti noch ganze 99,2 und die RX Vega 64 nur noch 59,6 Ø-Fps. Der Abstand zwischen der besten AMD- und der besten Nvidia-Grafikkarte wächst in 1440p auf ganze 40 Prozent an. Die Verwendung von DX12 hilft zwar meistens der CPU-Performance, hier hat jedoch CD Projekt Red das Maximum aus DX11 herausgeholt und es läuft grundsätzlich auch mit mäßiger starker Hardware gut. Für den besten Witcher-Genuss emp-

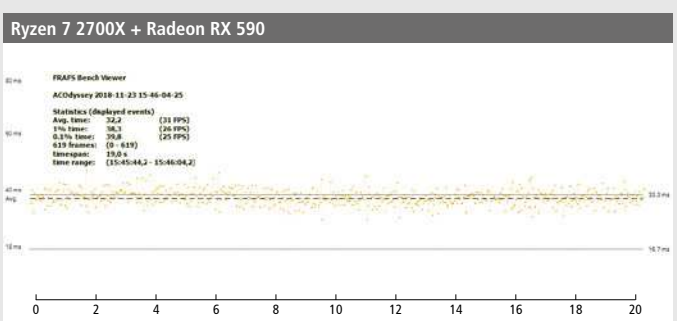
Frametimes in Assassin's Creed Odyssey: Wir testen in 1440p, Odyssey bietet jedoch nur Direct X 11. Hier schneiden die Geforce-Karten deutlich besser ab – und das zeigt sich auch bei den Frametimes, die bei den Radeons nicht nur deutlich höher (also schlechter) angesiedelt sind, sondern auch weniger gleichmäßig ausfallen.

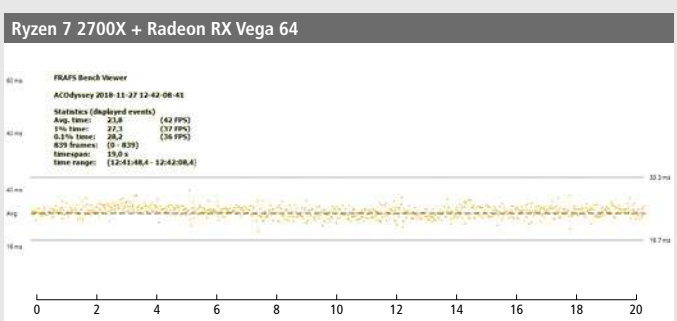












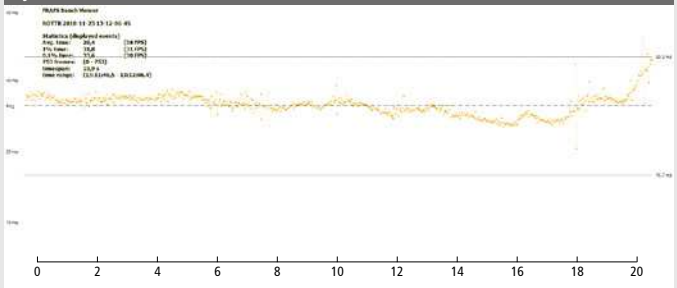
fehlen wir also eine RTX 2080 Ti. Diese ist jedoch noch recht teuer und für den Titel überdimensioniert. Die Vorgängerkarte GTX 1080 Ti als auch die RX Vega 64 leisten in 1440p gute Dienste und sind deutlich konstengünstiger zu erwerben. Geht man mit den Details etwas nach unten, kann auch die RX 590 eine gute Wahl sein, besonders da diese zurzeit häufig noch mit einem Spielebundle recht günstig zu bekommen ist.

Das neue Assassin's Creed Odyssey ist zwar in unserem noch nicht CPU-Parcours offiziell dabei, wird aber immer fleißig mitgetestet. Ubisoft hat den technischen Unterbau gegenüber dem Vorgänger noch ein wenig überarbeitet und lässt den Titel nun noch besser mit mehr Kernen skalieren. Leider setzt man auch hier noch auf DX11. Schade, Ubisoft! Als Test-Umgebung dient uns eine große Straße raus aus dem altertümlichen Athen, vorbei an Handwerkshäusern. Dieser von uns gewählte Parcours ist recht CPU-Limtiert und zeigt gut die Grenzen des jeweiligen Prozessors auf. Die Werte der 720p-Messung sind auch hier wieder die Messlatte. Die RTX 2080 Ti holt hier 67,4 Ø-Fps aus dem Ryzen heraus, während der AMD-Prozessor mit der RX Vega 64 gerade 48,1 Ø-Fps erreicht. Damit überholt Nvidia um satte 29 Prozent die derzeit stärkste AMD-Karte. Wechseln wir auf leistungshungrige 1.440p, bleibt die grobe Reihenfolge gleich, aber die Abstände zwischen den Karten wachsen deutlich. Nvidias Flaggschiff RTX 2080 Ti schafft hier 60,1 durchschnittliche Fps und AMDs Oberklasse nur 42,1. Das sind gan-

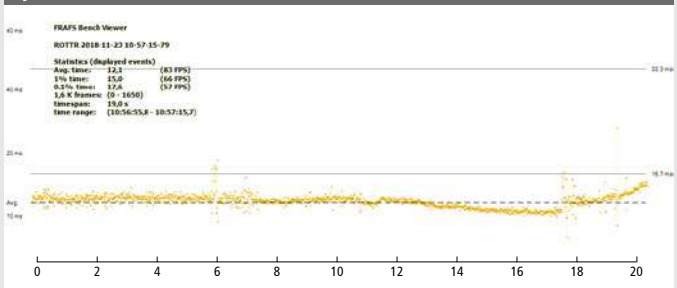
Die Geforce RTX 2080 Ti basiert auf der Turing-Architektur und ist Nvidias neuestes Flaggschiff. Derzeit ist sie jedoch sündhaft teuer.

Frametimes in Rise of the Tomb Raider: Wir prüfen die Verteilung der Bildberechnungszeiten („Frametimes") im Direct-X-12-Modus und der WQHD-Auflösung (2.560 × 1.440). Dabei behalten wir allerdings den CPU-Fokus bei und verzichten auf Effekte, die nur die Grafikkarte belasten, etwa Anti-Aliasing, Pure-Hair oder Post-Processing.

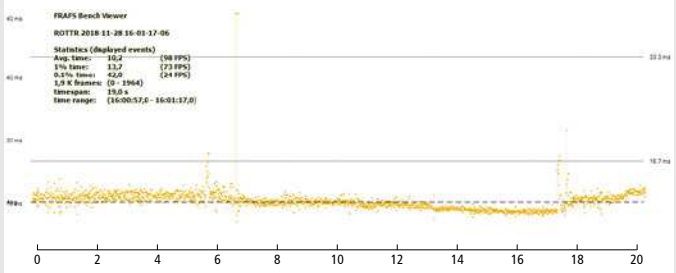
Ryzen 7 2700X + Geforce GTX 1060



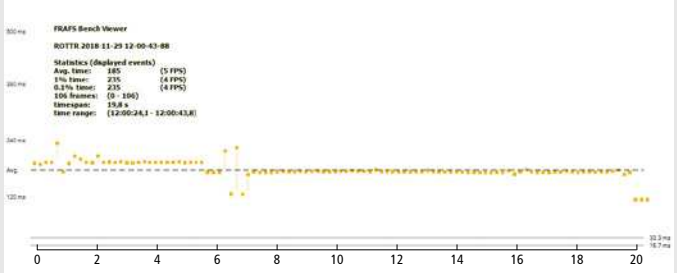
Ryzen 7 2700X + Geforce GTX 1080 Ti



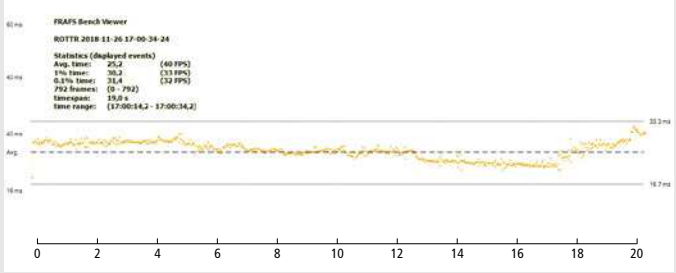
Ryzen 7 2700X + Geforce RTX 2080 Ti



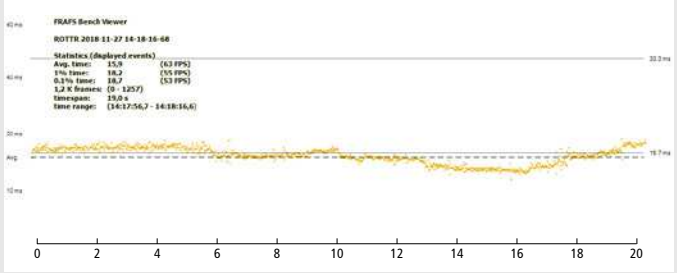
Ryzen 7 2700X + Radeon RX 470



Ryzen 7 2700X + Radeon RX 590



Ryzen 7 2700X + Radeon RX Vega 64



ze 30 Prozent weniger. Für samtig weiche Frameraten empfiehlt sich hier eine (leider noch teure) RTX 2080 Ti. Als Alternative bieten sich die GTX 1080 Ti und RX Vega 64 an. Man sollte aber dann mit den Details ein wenig nach unten gehen. Ist man gewillt, mit den Details auf die mittlere Stufe zu gehen, funktioniert sogar eine preiswerte Radeon RX 590.

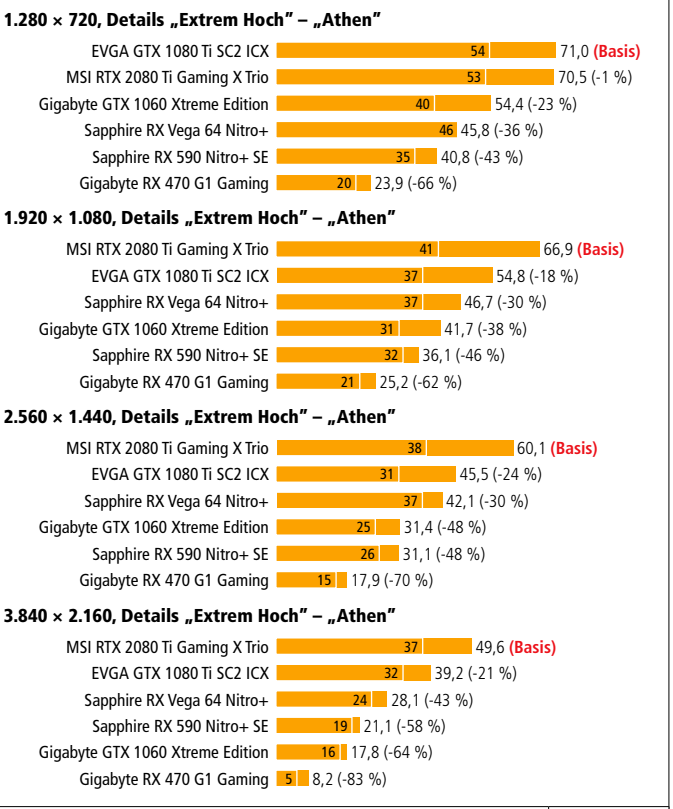
Das beliebte Mittelalter-Spiel Kingdom Come Deliverance ist besonders zu erwähnen. Die Stadt Rattay ist Dreh- und Angelpunkt des Spiels, unsere CPU-Benchmarkszene und stark prozessorlimitiert. So stark sogar, dass sie bisher jede von uns getestete CPU in die Knie zwingt. In diesem Spiel bringt eine leistungsfähige Grafikkarte erst in den Wiesen und Wäldern Böhmens seine Leistung auf den Bildschirm. Dennoch verbringt man die meiste Zeit des Spiels im eben sehr CPU-limitierten Rattay. Leider verwendet der Titel noch Direct X 11, die Version 12 hätte etwas Last genommen und das CPU-Limit erhöht. Hier liefert die GTX 1080 Ti in beiden Auflösungen die besten Ergebnisse: 28,7 durchschnittliche Fps in 720p und 27,7 in 1.440p. AMDs Topmodell schafft in beiden Fällen rund 25 Ø-Fps. Kaufempfehlungen sind diesbezüglich die GTX 1080 Ti, die RX 590 und – nur wenn der Geldbeutel sehr klein ist – die GTX 1060. Dabei sollte es aber eine Variante mit 6 GiByte sein.

In Rise of the Tomb Raider ist der Levelabschnitt „Geo Valley“ gleichzeitig CPU und GPU-Benchmarkszene und lastet dabei beide gut aus. Das Abenteuer mit Lara Croft ist eigentlich für AMD-Grafikkarten optimiert und bietet die Auswahl zwischen Direct X 11 und 12. Aus unseren unzähligen GPU-Tests geht hervor, dass Direct X 12 hier die beste Wahl ist. In 720p kann sich sogar die RX Vega 64 mit 127,9 Ø-Fps auf den ersten Platz schwingen. Gleich dahinter ist die GTX 1080 Ti mit 122,9 Ø-Fps. Geht der geneigte Spieler auf 1.440p, ändert sich das Wertungsbild wieder: Nun sind die RTX 2080 Ti mit 98,3 und die GTX 1080 Ti mit 82,6 durchschnittlichen Fps wieder oben. AMDs RX Vega 64 kann sich mit 63,0 Ø-Fps gerade noch über der magischen 60 Fps-Grenze halten. Mittelklasse-Karten wie die RX 590 oder die GTX 1060 gehen hier deutlich in die Knie und bewegen sich zwischen 36 und 40 Ø-Fps. Senkt man die Details, ist aber auch hier ein Spielen mit 60 Fps möglich. Im Test haben wir auch eine kleine RX 470 mit 4 GiByte Speicher ins Rennen geschickt. Das Ergebnis war zwar zu erwarten: Rise of the Tomb Raider braucht in der hohen Auflösung viel Grafikspeicher für die hochauflösenden Texturen und die Radeon RX 470 hat davon zu wenig und kommt mit dem Leeren des RAMs nicht hinterher. Der Gewinner ist hier – wieder einmal – die RTX 2080 Ti. Aber auch die GTX 1080 Ti und die RX Vega 64 ermöglichen Spielen über 60 Fps. Mit der Mittelklasse-Karte RX 590 und etwas gesenkten Details ist aber auch hier flüssiges Zocken mit rund 60 Fps möglich.

Details und Auflösung

Der Nachtisch besteht aus einer schmackhaften Detail- und Auflösungsskalierung des neuen Assassin's Creed, erneut in Athen. Die Szene ist für die CPU, genauso wie die GPU, recht anspruchsvoll. In der Auflösungsskalierung erkennt man sehr gut, welche Grafikkarte für welche Auflösung am besten geeignet ist. Man kann sich aber natürlich auch die schnellste und teuerste Karte kaufen und wäre damit nicht falsch beraten, jedoch ist sie für die meisten Spieler zu teuer und zu viel des Guten.

Auflösungsskalierung: Assassin's Creed Odyssey

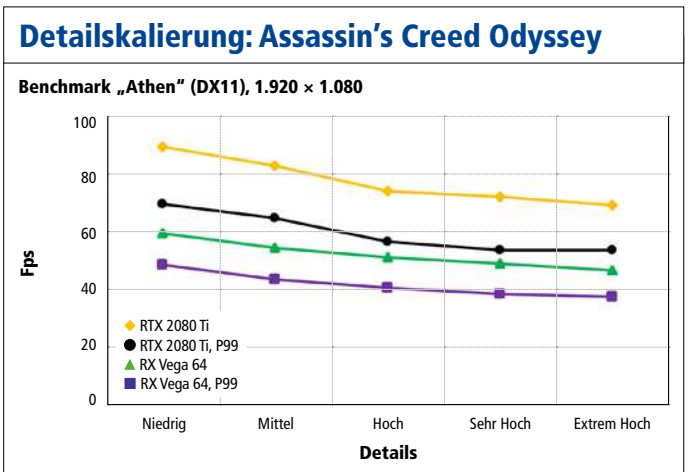


System: AMD Ryzen 7 2700X, Asus Crosshair VII Hero, 2 × 8 GiB Corsair DDR4-2667 (Dual-Rank); ; Windows 10 x64 (1809), Geforce 417.01 WHQL, Radeon AE 18.12.1
Bemerkungen: Die RX Vega 64 kommt erst mit steigenden Auflösungen auf Touren.

P99 Ø Fps
▶ Besser

AMD bietet mit dem Ryzen 7 2700X eine CPU mit acht Kernen und 16 Threads, die eine gute Basis für ein preisbewusstes Gaming-Setup darstellt.

Detailskalierung: Assassin's Creed Odyssey



System: AMD Ryzen 7 2700X, Asus Crosshair VII Hero, 2 × 8 GiByte Corsair DDR4-2667 (Dual-Rank); Windows 10 x64 (1809), Geforce 417.01 WHQL, Radeon Software 18.12.1 **Bemerkungen:** Die Geforce RTX 2080 Ti schafft mehr Ø-Fps, die Radeon RX Vega 64 hält dafür gut ihre Leistung.

Gehen wir also die einzelnen Auflösungen gemeinsam durch: In 1.280 × 720 liegt die GTX 1080 Ti mit 71,0 durchschnittlichen Fps vorn. Die eigentlich „stärkere" RTX 2080 Ti liegt nur knapp darunter und kann ab 1.920 × 1.080 die Muskeln spielen lassen. In der niedrigen Auflösung ist diesmal sogar die GTX 1060 ganz gut im Feld, schafft es jedoch nicht, die wichtige 60-Fps-Grenze zu erreichen. Die RX Vega 64 und die RX 590 werden hier stark geschlagen.

In Full HD, also 1.920 × 1.080 Pixeln, setzt sich die RTX 2080 Ti an die Spitze und erreicht noch flüssige 66,9 Ø-Fps. Das Vorgängermodell, die GTX 1080 Ti, hinkt ganze 18 Prozent und AMDs RX Vega 64 um satte 30 Prozent hinterher. Spielt Geld keine Rolle, ist hier also die RTX 2080 Ti die beste Wahl. Jedoch reicht auch der Vorgänger. AMDs RX Vega 64 ist aber mit etwas reduzierten Details auch denkbar.

In WQHD, also 2.560 × 1.440 Pixeln, erschuftet sich Nvidias stärkste Karte gerade die 60,1 durchschnittlichen Fps. Die RX Vega 64 hält weiterhin seine 30 Prozent Abstand, hält sich aber mit der gestiegenen Auflösung recht wacker. Die beiden Mittelklasse-Karten GTX 1060 und RX 590 verhalten sich mit rund 31 Ø-Fps nahezu gleich. Zu empfehlen sind die RTX 2080 Ti bei maximalen Details oder GTX 1080 Ti und RX Vega 64 bei etwas gesenkten Details.

Die Königsdisziplin ist Ultra HD, also eine Auflösung von 3.840 × 2.160 Pixeln. In diesem harten Test befinden sich alle Grafikkarten weit entfernt vom CPU- und gehen in Richtung GPU-Limit. Hier erreicht sogar die sonst so starke RTX 2080 Ti nicht mehr die 60-Fps-Marke, sondern nur noch 49,6 durchschnittliche Fps. Die GTX 1080 Ti erkämpft sich wacker knapp 40 Ø-Fps und die RX Vega 64 sinkt mit 28,1 Ø-Fps auf Konsolenniveau. Die GTX 1060, RX 590 und RX 470 rutschen auf eigentlich unspielbare Werte und sind definitiv nicht für solch eine hohe Auflösung gedacht. Sehen wir uns mal die Detailskalierung an. Hierzu haben wir den Lauf aus Athen in Assassin's Creed Odyssey in der Auflösung 1.920 × 1.080 in verschiedenen Detailstufen durchgeführt. Wir haben uns an die vom Spiel vorgegebenen fünf Stufen gehalten und nicht selbst etwas daran geändert. In der Grafik erkennt man, dass die RTX 2080 Ti zwar stets höhere durchschnittliche Frames und ein besseres Minimum an Fps erreicht, der Übergang von Detailstufe zu Detailstufe jedoch jeweils große und unregelmäßige Verlustschritte bringt.

Die RX Vega 64 dagegen erzielt weniger, jedoch stabilere Leistung beim Wechsel der Detailstufen. Sie kommt mit höheren Details also grundsätzlich besser zurecht als die stärkere RTX 2080 Ti. Genau dieser Effekt ist auch gut in der Auflösungsskalierung zu erkennen: AMDs RX Vega 64 liegt zwar nicht vorne, hält jedoch mit steigender Auflösung gut ihre Leistung. Nvidias Prachtstück muss mit steigender Auflösung stärkere Leistungseinbußen hinnehmen.

Die richtige Wahl für den richtigen Geschmack

Was lässt sich aus diesem Test mit vier Spielen also ableiten? In so gut wie allen Tests und deren Varianten liegt die RTX 2080 Ti vorne, auch wenn sie meist erst ab hohen Auflösungen und maximalen Details ihre wahre Stärke ausspielen kann. Zudem ist der Ryzen 7 2700X in Kombination mit dieser Karte der Flaschenhals des Systems. Durch den freien Multiplikator und die gute Übertaktbarkeit des Ryzen 7 2700X kann hier aber noch deutlich an der Stellschraube gedreht werden. Wirklich ausreizen kann die RTX 2080 Ti aber erst ein Core i9-9900X. Bedenkt man zudem den hohen Anschaffungspreis für das stärkste Nvidia-Modell, ist die Karte also nicht die klare Empfehlung, obwohl sie unsere Tests anführt.

AMDs Radeon RX Vega 64 ist im Schnitt mindestens 30 Prozent langsamer als Nvidias aktuelle Speerspitze. Zudem zeigt die Auflösungsskalierung in Assassin's Creed Odyssey, dass Radeon-Karten erst ab einer Full-HD-Auflösung aus den Startlöchern kommen. Durch unsere Tests in 720p ist zu erkennen, dass Nvidia-Karten im CPU-Limit meist signifikant bessere Ergebnisse liefern als AMD-GPUs. Hier spielt die Ressourcenverwaltung des Grafiktreibers eine große Rolle.

Die neue Sapphire Radeon RX 590 Nitro+ Special Edition basiert auf der Polaris-Architektur und ist die schnellste ihrer Art.

Die Sapphire RX Vega 64 Nitro+ ist die schnellste luftgekühlte AMD-Karte auf dem Markt.

Dies alles heißt aber noch lange nicht, dass die Ryzen-CPU und Radeon-Grafikkarte eine schlechte Kombination sind. Es kommt tatsächlich auf das gewünschte Ziel an: Soll das System einen Monitor in 1.080p, 1.440p oder sogar 2.160p bespielen? Wie viel Budget steht zur Verfügung und ist es für den Spieler in Ordnung, auch mit den Details etwas nach unten zu gehen? Falls die Wahl auf eine AMD-Karte fallen sollte, empfiehlt sich hier noch eine Erkenntnis aus dem Januar-Test von Carsten Spille: Die Verwendung von GPU-Culling und Async Compute führt bei vielen Radeon-Grafikkarten zu einer Verbesserung der Leistung, da die CPU vom Entfernen verdeckter Flächen und Objekte entlastet wird.

Bedenkt man nun die Leistung und den Preis für die einzelnen Karten, ergibt sich folgender Ratschlag für Aufrüster und Neukäufer: Für 1.080p- und 1.440p-Gaming empfiehlt sich eine RX Vega 64 von AMD oder eine GTX 1080 Ti von Nvidia zum Ryzen 7 2700X. Mit etwas gesenkten Details funktioniert auch eine RX 590 wunderbar. Für maximale Details in 2.160p (oder mehr) lohnt sich die RTX 2080 Ti. Sie ist – trotz des sündhaft hohen Preises – die derzeit schnellste Grafikkarte auf den Markt. *(dh)*

Fazit

Grafikkarten für den Ryzen 7 2700X

Betrachten wir die Ergebnisse aller Tests, zeigt sich, dass auf den vielkernigen Ryzen 7 2700X Geforce-Karten in DX11- und in DX12-Spielen die Prozessorleistung besser nutzen. Radeon-Grafikkarten werden erst mit höheren Auflösungen richtig warm und weisen in der Regel ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis auf. Was AMD derzeit fehlt, ist eine High-End-GPU. Diese soll erst im H2 2019 erscheinen – bis dahin greifen Enthusiasten zu einer Turing-Grafikkarte.

Alle neuen PCGH-PCs im Überblick

Neue Grafikkarten, neue CPUs und neue Gehäuse zeichnen den PCGH-PC-Relaunch aus. Hier verschaffen wir Ihnen einen Überblick über das neue Sortiment.

Bereits in der letzten Ausgabe haben wir angekündigt, dass es die PCGH-PCs wieder mit redaktionell ausgewählten Gehäusen gibt. Das neue Sortiment kommt derzeit so gut an, dass viele Rechner nicht lieferbar sind. Lassen Sie sich von der Alternate-Statusanzeige „Liefertermin unbekannt“ nicht abschrecken. Denn wenn Sie „vorbestellen“, wird Ihre Bestellung bevorzugt behandelt und nicht selten gehen alle neu gebauten PCs direkt an die Vorbesteller und die Verfügbarkeitsampel springt daher nicht auf „lagernd“ um. Unser Topseller ist übrigens der PCGH-Ultimate-PC 2080Ti-Edition. In diesem Rechner kommt ein Intel Core i9-9900K zum Einsatz. Dieser verfügt zwar wie der Core i7-9700K über 8 CPU-Kerne, es stehen aber 16 statt 8 Threads zur Verfügung. Außerdem läuft dieser im Turbo-Modus mit 100 MHz mehr und kommt so auf 5 GHz. Etwas größer fällt auch der Level-3-Cache mit 16384 KB aus. Auch bei der Grafikkarte wurden keine Kompromisse eingegangen, denn schneller als die Geforce RTX 2080 Ti ist derzeit keine andere Consumer-Grafikkarte. Der Ultimate-PC ist auch der einzige Komplett-PC im Sortiment, in dem die sehr schnelle Samsung-M.2-SSD 970 Pro verbaut wurde. Deutlich günstiger und ebenfalls sehr beliebt sind die beiden Enthusiast-PCs, die es wahlweise mit Core i7-9700K oder Ryzen 7 2700X gibt. Beide PCs setzen auf eine Geforce RTX 2080 und sind mit einer 500-GB-SSD und 32 GB DDR4-3000 ausgestattet. Mehr Infos auch unter www.pcgh-pc.de. (dw)

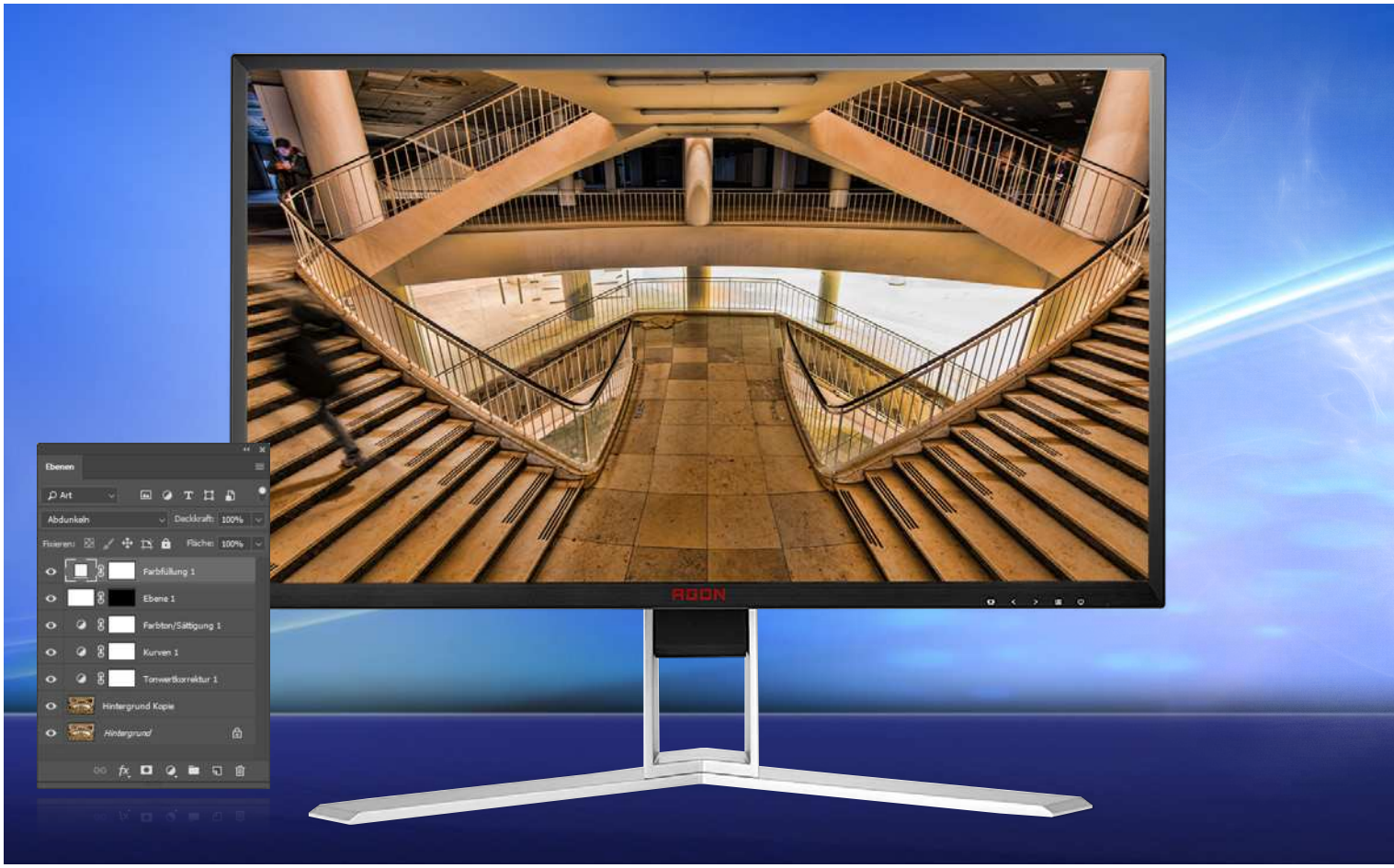
Hardware – Offizielles PCGH-Produkt	NEU!	NEU!	NEU!
Produkt	**PCGH-Budget-PC 6Core-Edition**	**PCGH-Enhanced-PC 1337-Edition**	**PCGH-Performance-PC AMD-Edition**
Hersteller/Bezugsquelle	Alternate (www.pcgh.de/alternate)	Alternate (www.pcgh.de/alternate)	Alternate (www.pcgh.de/alternate)
Erweiterte Informationen	www.pcgh.de/budget-pc	www.pcgh.de/enhanced-pc	www.pcgh.de/perf-amd-pc
Ausstattung			
Prozessor	AMD Ryzen 5 2600 (Sockel AM4)	AMD Ryzen 5 2600 (Sockel AM4)	AMD Ryzen 7 2700 (Sockel AM4)
Grafikkarte	MSI Radeon RX 580 ARMOR 8G OC	Gigabyte GTX 1070 Windforce OC	Geforce RTX 2070 (MSI/Palit/Gigabyte)
Mainboard	ASRock B450M Pro4	Asus TUF B450-PRO Gaming	Asus TUF B450-PRO Gaming
SSD-Laufwerk	240-GB-SSD (Apacer/Crucial MX500)	500-GB-SSD (Crucial MX500)	500-GB-SSD (Crucial MX500)
HDD-Laufwerk	1.000-GB-HDD (Seagate Barracuda)	1.000-GB-HDD (Seagate Barracuda)	2.000-GB-HDD (Seagate Barracuda)
Speicher	16 GB DDR4-3000 (Ballistix/G.Skill)	16 GB DDR4-3000 (Ballistix/Corsair)	16 GB DDR4-3000 (Ballistix/G.Skill)
Netzteil	Be quiet Pure Power 10 400W	Be quiet Pure Power 10 400W	Seasonic Focus+ G. 550W PCGH-Ed.
CPU-Kühler	AMD Boxed-Kühler	Arctic Freezer 33	Scythe Mugen 5 PCGH-Edition
Gehäuse	Sharkoon M25 Silent PCGH-Edition	Sharkoon M25 Silent PCGH-Edition	Be quiet Pure Base 600
Laufwerk/Soundkarte	DVD-Brenner/Onboard-Sound	DVD-Brenner/Onboard-Sound	DVD-Brenner/Onboard-Sound
Gehäuselüfter/Sonstiges	2 x Sharkoon 120/140 mm	2 x Sharkoon 120/140 mm	2 x Pure Wings 2 120/140 mm
Leistung			
Lautstärke 2D (0,5 m)	0,8 Sone/28 dB(A)	0,2 Sone/20 dB(A)	0,2 Sone/19 dB(A)
Lautstärke 3D (0,5 m)	2,5 Sone/38 dB(A)	0,6 Sone/26 dB(A)	1,0 Sone/29 dB(A)
Leistungsaufnahme 2D/3D	52 Watt/267 Watt	43 Watt/233 Watt	43 Watt/248 Watt
3D Mark (Fire Strike Ultra)	3.336 Punkte	4.543 Punkte	5.267 Punkte
The Witcher 3 GOTY	54 Fps	76 Fps	94 Fps
Kingdom Come: Deliverance	54 Fps	70 Fps	91 Fps
Cinebench R11.5 x64 (CPU)	13,76 Punkte	13,09 Punkte	15,83 Punkte
PREIS mit 64-Bit-Betriebssystem*	**€1.049,-** (inkl. Windows 10 Home)	**€1337,-** (inkl. Windows 10 Home)	**€1.699,-** (inkl. Windows 10 Home)
	⊕ 6-Kern-Prozessor ⊕ Preis-Leistungs-Verhältnis ⊖ Zu langsam für 4K-Gaming	⊕ 6-Kern-Prozessor ⊕ Große SSD ⊖ Kein aktueller Grafikchip	⊕ 8-Kern-Prozessor ⊕ Schnelle RTX 2070 ⊖ Keine M.2-SSD

* Preiserfassung und Produktdaten vom 11.12.2018, unter www.pcgh.de/alternate finden Sie stets den aktuellen Preis. Neben Windows sind auch sämtliche Treiber installiert und der PC ist sofort einsatzbereit.

PCGH-PCs jetzt wieder ohne OEM-Gehäuse!

	NEU!	NEU!	NEU!	NEU!
Produkt	**PCGH-Performance-PC Intel-Edition**	**PCGH-Enthusiast-PC AMD-Edition**	**PCGH-Enthusiast-PC Intel-Edition**	**PCGH-Ultimate-PC 2080Ti-Edition**
Hersteller/Bezugsquelle	Alternate (www.pcgh.de/alternate)	Alternate (www.pcgh.de/alternate)	Alternate (www.pcgh.de/alternate)	Alternate (www.pcgh.de/alternate)
Erweiterte Informationen	www.pcgh.de/perf-intel-pc	www.pcgh.de/enthu-amd-pc	www.pcgh.de/enthu-intel-pc	www.pcgh.de/ultimate-pc
Ausstattung				
Prozessor	Intel Core i5-9600K (Sockel 1151-v2)	AMD Ryzen 7 2700X (Sockel AM4)	Intel Core i7-9700K (Sockel 1151-v2)	Intel Core i9-9900K (Sockel 1151-v2)
Grafikkarte	Geforce RTX 2070 (MSI/Palit/Gigabyte)	MSI Geforce RTX 2080 Gaming X TRIO	Asus RTX 2080 Dual/MSI Gam. X TRIO	Palit Geforce RTX 2080 Ti DUAL
Mainboard	MSI MPG Z390 Gaming EDGE AC	Asus Prime X470-Pro	MSI MPG Z390 Gaming EDGE AC	Asus ROG Maximus XI Hero (WiFi)
SSD-Laufwerk	500-GB-SSD (Samsung 970 Evo)	500-GB-SSD (Samsung 970 Evo)	500-GB-SSD (Samsung 970 Evo)	1.000-GB-SSD (Samsung 970 Pro)
HDD-Laufwerk	2.000-GB-HDD (Seagate Barracuda)	2.000-GB-HDD (Seagate Barracuda)	2.000-GB-HDD (Seagate Barracuda)	4.000-GB-HDD (Seagate Barracuda)
Speicher	16 GB DDR4-3000 (Ballistix/G.Skill)	32 GB DDR4-3000 (Ballistix/G.Skill)	32 GB DDR4-3000 (Ballistix/G.Skill)	32 GB DDR4-3000 (Ballistix/G.Skill)
Netzteil	Seasonic Focus+ G. 550W PCGH-Ed.	Seasonic Focus+ G. 550W PCGH-Ed.	Seasonic Focus+ G. 550W PCGH-Ed.	Seasonic Focus+ / Be quiet PZ 750W
CPU-Kühler	Scythe Mugen 5 PCGH-Edition	Scythe Mugen 5 PCGH-Edition	Scythe Mugen 5 PCGH-Edition	Scythe Mugen 5 PCGH-Edition
Gehäuse	Be quiet Pure Base 600	Fractal Design Define R6	Fractal Design Define R6	Fractal Design Define R6
Laufwerk/Soundkarte	DVD-Brenner/Onboard-Sound	Blu-ray-Brenner/Onboard-Sound	Blu-ray-Brenner/Onboard-Sound	Blu-ray-Brenner/Onboard-Sound
Gehäuselüfter/Sonstiges	2 x Pure Wings 2 120/140 mm, WLAN	3 x Dynamic X2 GP-14 140 mm, WLAN	3 x Dynamic X2 GP-14 140 mm, WLAN	3 x Dynamic X2 GP-14 140 mm, WLAN
Leistung				
Lautstärke 2D (0,5 m)	0,2 Sone/20 dB(A)	0,4 Sone/23 dB(A)	0,4 Sone/23 dB(A)	0,3 Sone/23 dB(A)
Lautstärke 3D (0,5 m)	0,7 Sone/27 dB(A)	1,0 Sone/30 dB(A)	0,7 Sone/27 dB(A)	0,7 Sone/27 dB(A)
Leistungsaufnahme 2D/3D	30 Watt/222 Watt	57 Watt/357 Watt	59 Watt/335 Watt	44 Watt/330 Watt
3D Mark (Fire Strike Ultra)	5.220 Punkte	6.584 Punkte	6.571 Punkte	8.156 Punkte
The Witcher 3 GOTY	96 Fps	132 Fps	133 Fps	163 Fps
Kingdom Come: Deliverance	90 Fps	108 Fps	112 Fps	141 Fps
Cinebench R11.5 x64 (CPU)	11,81 Punkte	19,05 Punkte	15,59 Punkte	21,89 Punkte
PREIS mit 64-Bit-Betriebssystem*	**€1.779,-** (inkl. Windows 10 Home)	**€2.399,-** (inkl. Windows 10 Home)	**€2.499,-** (inkl. Windows 10 Home)	**€3.349,-** (inkl. Windows 10 Pro)
	⊕ 6-Kern-Prozessor ⊕ Schnelle RTX 2070 ⊕ M.2-SSD	⊕ Sehr schnelle Geforce RTX 2080 ⊕ 8-Kern-CPU von AMD ⊖ Preis	⊕ 8-Kern-Prozessor ⊕ Schnelle RTX 2080 ⊖ Preis	⊕ 8-Kern-Prozessor ⊕ Sehr schnelle RTX 2080 Ti ⊖ Preis

* Preiserfassung und Produktdaten vom 11.12.2018, unter www.pcgh.de/alternate finden Sie stets den aktuellen Preis. Neben Windows sind auch sämtliche Treiber installiert und der PC ist sofort einsatzbereit.



Besser Bilder bearbeiten

Bereits 2014 stellten wir uns die Frage, welche PC-Komponenten und damit am Ende welcher PC ideal für Bildbearbeitung geeignet ist. Es wird Zeit für eine umfangreiche Neuauflage.

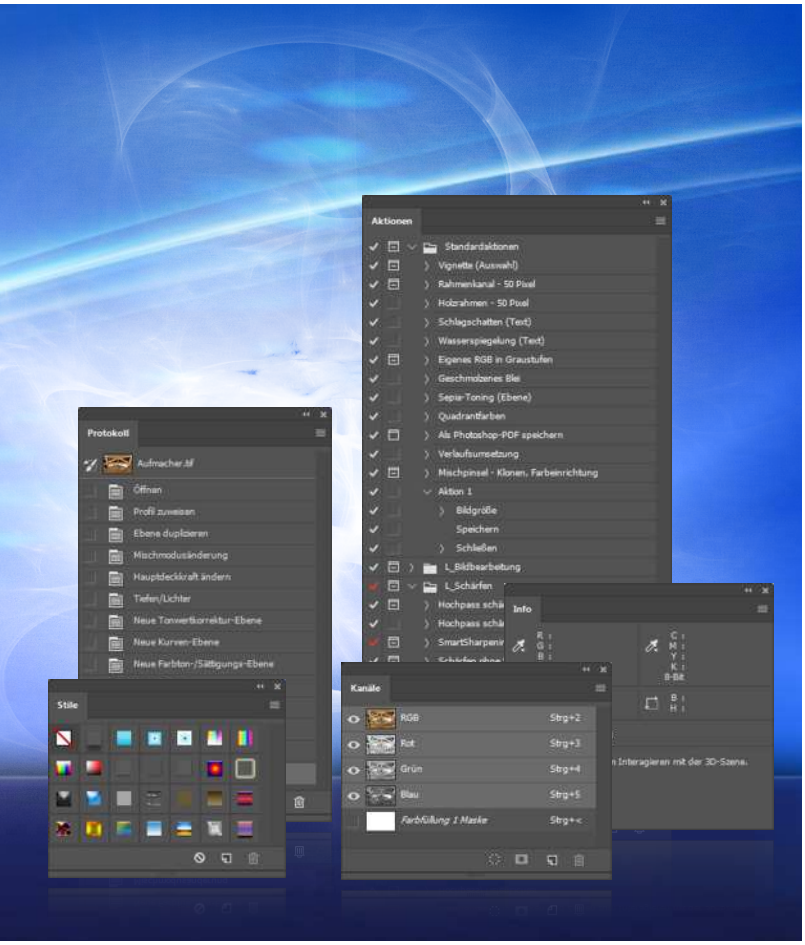
Vor über vier Jahren haben wir das letzte Mal versucht, gute Antworten auf die Frage zu finden, welcher PC und genauer welche PC-Komponenten geeignet sind, das Prädikat „besonders wertvoll für Photoshop“ zu erhalten. Seitdem ist vor allem bei der Hardware viel passiert, sodass sich ein frischer Blick auf das Thema Bildbearbeitung lohnt. Wir verwenden dazu Photoshop CC 2018, mittlerweile ist bereits die Version CC 2019 verfügbar. Unsere Erkenntnisse, die wir beim Einsatz von CC 2018 gewonnen haben, sind aber auch auf die neue Version übertragbar. Generell wurde Photoshop von Adobe zwar über die Jahre weiterentwickelt, aber grundsätzliche Aussagen, welche Komponenten für schnelles Bildbearbeiten wichtig sind, haben sich über die Jahre nicht wesentlich verändert.

Die idealen Komponenten

Wie schon vor vier Jahren wollen wir genau analysieren, welche Komponenten wirklich Vorteile in Photoshop bringen. Das heißt, dass wir nicht den fettesten Rechner, den man für Geld kaufen kann, empfehlen, denn dafür braucht es auch gar keinen Artikel dieser Art. Wir gehen auch nicht auf spezielle Grafik-Workstations ein, sondern beschränken uns auf handelsübliche Desktop-Komponenten, mit denen man arbeiten und spielen kann. Im Folgenden stellen wir Ihnen unsere Erkenntnisse zu CPU, Grafikkarte und RAM vor, die wir im Verlauf vieler Teststunden gewonnen haben. Im Fokus steht wie bei PCGH üblich das Preis-Leistungs-Verhältnis. Bekanntlich gilt ja, dass die letzten paar Prozent Leistung unverhältnismäßig viel Geld kosten. Aus diesem Grund erläutern wie die einzelnen Komponenten, die wir getestet haben, und geben anschließend auch Empfehlungen für zwei Photoshop-PCs. Kleiner Spoiler: Nicht immer sind die teuersten Komponenten die, die auch die beste Leistung in Photoshop bringen.

So testen wir Photoshop

Photoshop ist immer noch ein sehr komplexes Werkzeug, das hat sich über die Jahre nicht verändert. Das macht es schwierig, ein Testszenario zu finden, das möglichst viele Bedürfnisse der Kreativen abdeckt. Die Nutzungsprofile von Photoshoppern fallen sehr unterschiedlich aus – und genau hier beginnt die erste schwere Aufgabe. Mit welchem Testsetup deckt man möglichst viele Nutzerszenarien ab? Wir haben uns dazu entschieden, im Gegensatz zu 2014 keine eigenen Skripte zu erstellen, die Sie als Anwender daheim nicht nachvollziehen können. Stattdessen nutzen wir die Photoshop-Benchmark-



skripte von Puget Systems (siehe Extrakasten), die zeitlich zwar sehr aufwendig sind, dafür aber insgesamt 21 unterschiedliche Aktionen und damit ein breites Nutzungsverhalten abdecken. Wir lassen jeden Benchmark dreimal durchlaufen und mitteln die Ergebnisse.

Dazu gesellen sich unsere aktuellen CPU-Benchmarks mit Lightroom. Viele Fotografen schwören auf die Entwicklung von Rohdaten über das in Photoshop enthaltene Camera Raw oder dessen ausgegliederte, aber nahezu funktionsgleiche Schwester Lightroom. Letzteres nutzen wir auch für unsere regulären Prozessor-Benchmarks, sodass wir Ihnen hier eine große Auswahl an CPU-Modellen zur Performance-Einschätzung anbieten können. Die RAW-Entwicklung ist aufgrund der Rohdatenmengen und der zum Teil aufwendigen, pixelgenauen Operationen ein Performance-Fresser. Das wird noch verschärft, wenn Sie die gesammelten Fotos vom Familienfest, Ausflug, Urlaub oder der Benchmark-Session als Stapel abarbeiten müssen. Und tatsächlich unterscheiden sich die Ergebnisse durchaus, wenn man die RAW-Verarbeitung und allgemeine Arbeit mit Photoshop vergleicht.

Was wir nicht mehr testen, ist der Einfluss von SSD und HDD beim

Puget Systems: Benchmark-Tool für Photoshop CC erklärt

Im Gegensatz zum Test vor vier Jahren nutzt PCGH in dieser Neuauflage die umfangreiche Testsuite von Puget Systems.

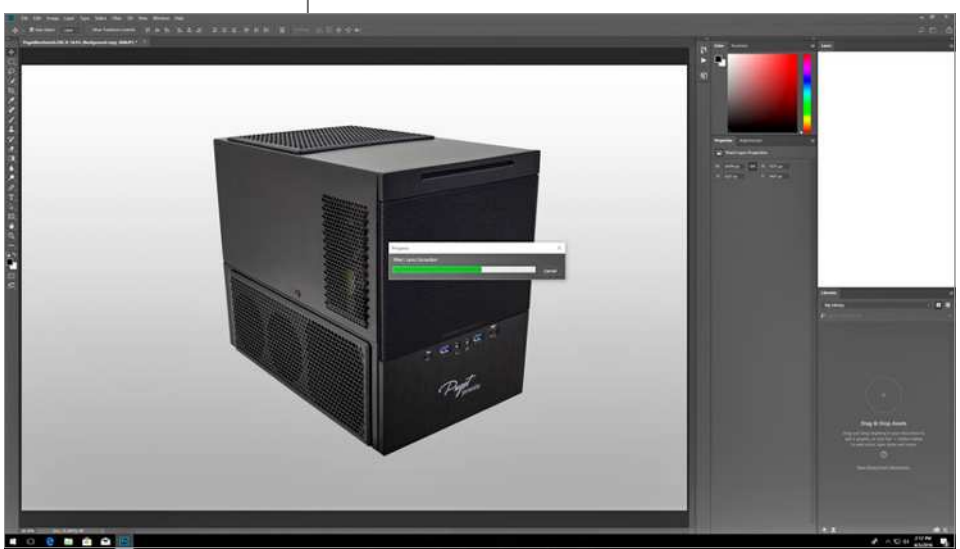
Die Spezialisten von Puget Systems (www.pugetsystems.com) haben mit dem Photoshop CC Benchmark ein praktisches Tool veröffentlicht, um die Leistungsfähigkeit von PC-Komponenten zu prüfen. Für unsere Messungen nutzen wir die Version 18.4, mittlerweile gibt es schon die 18.10, die auch mit Photoshop CC 2019 zusammenarbeitet und 16-Bit-Bearbeitung beherrscht. Die Skriptsammlung von Puget Systems kann jeder selbst herunterladen und starten. Es ist anzuraten, die Photoshop-Einstellungen auf Standardwerte zu setzen (speziell im Bereich Leistung), damit die Werte vergleichbar sind.

Jeder Benchmark-Durchgang braucht zwischen 25 und 40 Minuten, gemessen wird jeweils die für die Aktion benötigte Zeit in Sekunden. Anschließend wird die gemessene Zeit in Punkte umgerechnet. Es gibt insgesamt drei Kategorien wie „Allgemein", „Filter" und „Photomerge". Die ersten beiden Kategorien fließen zu je 40 Prozent in die Gesamtwertung mit ein, Photomerge folgerichtig mit 20 Prozent. Insgesamt laufen 21 Aktionen automatisiert ab. GPU-beschleunigte Aktionen wie Drehen, selektiver Scharfzeichner, Feld-Weichzeichnung, Iris-Weichzeichnung und Tilt-Shift werden in Form eines separaten GPU-Scores ausgegeben. Die Punkte in den Scores sind nicht willkürlich gewählt, sondern stehen immer in Bezug auf ein bestimmtes Referenzsystem. Für die Benchmark-Version 18.4 ist das ein übertakteter Core i7-8700K mit einer Geforce GTX 1080 Ti und 64 GiB RAM.

General:
- 18 MP großes CR2-RAW-Bild öffnen
- Bild auf 500 MB verkleinern
- Drehen
- Zauberstab selektieren
- Maske verfeinern
- Füllwerkzeug
- Verlauf
- Inhaltsbasiertes Ausbessern
- .PSD-Datei speichern
- .PSD-Datei öffnen

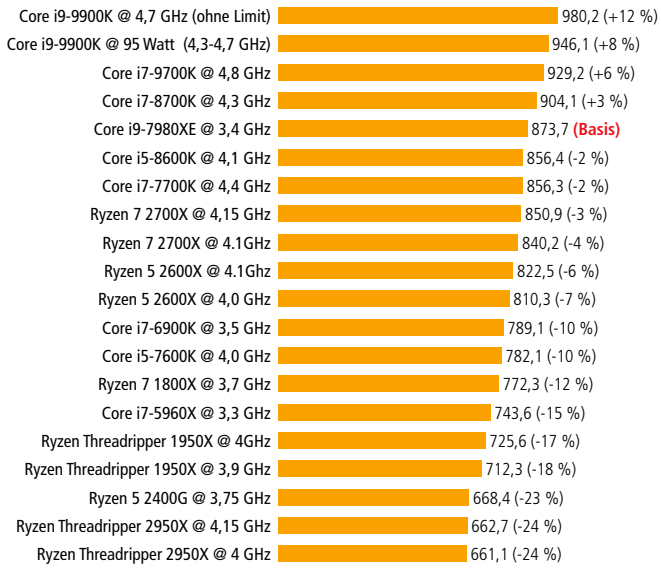
Filter:
- Camera Raw
- Objektivkorrektur
- Rauschen reduzieren
- Selektiver Scharfzeichner
- Feld-Weichzeichnung
- Tilt-Shift Blur
- Iris-Weichzeichnung
- Adaptive Weitwinkelkorrektur
- Verflüssigen

Photomerge:
- Photomerge 6 22-MP-Bilder (CR2 RAW)
- Photomerge 6 45-MP-Bilder (NEF RAW)



CPU-Benchmarks (Index): Viel Takt gewinnt

Photoshop 2018 19.1.6 – Puget-Benchmark 18.4.0 (8 Bit)

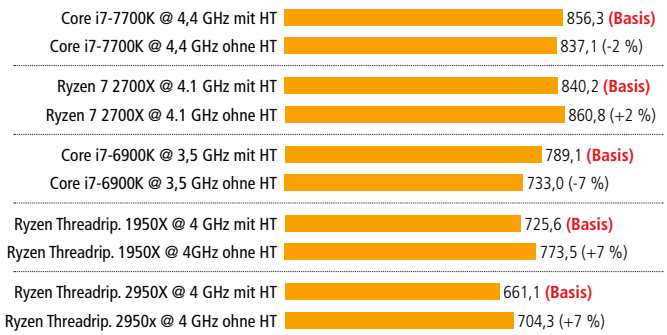


System: Diverse Systeme mit GTX 1080 Ti, 2 × 8 GiB Corsair Vengeance LPX Dual Ranked 2666 MHz, Windows 10 x64 (1803), Geforce 413.94 **Bemerkungen:** Wie schon beim Test 2014 zeigt sich auch 2018, dass hoher Takt wichtiger sein kann als viele Kerne.

Puget-Score
▶ Besser

Was bringt Hyper-Threading in Photoshop?

Photoshop 2018 19.1.6 – Puget-Benchmark 18.4.0 (8 Bit)

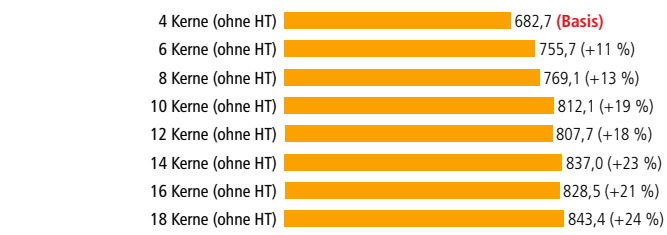


System: Diverse Systeme mit GTX 1080 Ti, 2 × 8 GiB Corsair Vengeance LPX Dual Ranked 2666 MHz, Windows 10 x64 (1803), Geforce 413.94 **Bemerkungen:** Intel-CPUs gewinnen durch Hyper-Threading, AMD-CPUs (speziell Threadripper) verlieren durch HT.

Puget-Score
▶ Besser

Was bringen physische CPU-Kerne?

Photoshop 2018 19.1.6 – Puget-Benchmark 18.4.0 (8 Bit)



System: Core i9-7980XE @ 3,4 GHz (HT aus), Asus Strix X299-E, Geforce GTX 1080 Ti, 2 × 8 GiB Corsair Vengeance LPX Dual Ranked 2666 MHz, Windows 10 x64 (1803), Geforce 413.94 **Bemerkungen:** Sechs Kerne sind eine gute Basis für Photoshop-Nutzer.

Puget-Score
▶ Besser

Programmstart von Photoshop. Es dürfte allgemein akzeptiert sein, dass SSDs hier ihre volle Stärke ausspielen können und dabei ein Mehrfaches schneller starten als ihre magnetischen Kollegen.

Systemanforderungen: Das sagt Adobe

Geht es nach Adobe, reichen vergleichsweise steinalte PCs, um Photoshop benutzen zu können. Im Grunde brauchen Sie nur einen 64-Bit-fähigen Core-2- oder Athlon-Prozessor mit 2 GHz, Windows 7 Service Pack 1, 2 GiB RAM (immerhin empfiehlt Adobe 8 GiB), Open GL 2.0 und 3,1 Gigabyte freien Plattenplatz. Diese Anforderungen dürfte quasi jeder PC daheim erfüllen. Richtig viel Spaß werden Sie mit dem Setup, was eher an ältere Büro-PCs erinnert, aber nicht haben. Gerade wer mit großen Bilddateien hantiert, ob nun bei der Entwicklung von RAWs oder beim Bearbeiten und Filtern von Bildern, benötigt deutlich mehr Leistung. Speziell GPU-beschleunigte Aktionen sollte man auch der Grafikkarte und nicht der CPU überlassen, wenn die Bildbearbeitung nicht zum Geduldsspiel werden soll.

Laut Adobe muss die Grafikkarte die Unterstützung für das erwähnte Open GL 2.0 bieten sowie Shader Model 3.0 (DirectX 9.0c) und möglichst mindestens von 2014 stammen. Außerdem sind 512 MiB VRAM zwingend, empfohlen werden 2 GiB oder mehr. Sollte die Grafikkarte nicht unterstützt werden oder der Grafiktreiber „beschädigt" sein, dann laufen folgende Photoshop-Funktionen gar nicht:

- 3D
- Ölfarbe
- Rendern – Flamme, Bilderrahmen und Baum
- Rauer Zoom
- Ansicht aus der Vogelperspektive
- Ziehschwenken
- Glatte Größenanpassung von Pinsel

Bei folgenden Funktionen kann die GPU für die Beschleunigung eingesetzt werden:

- Zeichenflächen
- Camera Raw
- Bildgröße – Details erhalten
- Fokus auswählen
- Weichzeichnergalerie: Feld-Weichzeichnung, Iris-Weichzeichnung, Tilt-Shift, Pfad-Weichzeichnung, kreisförmige Weichzeichnung (OpenCL-beschleunigt)
- Selektiver Scharfzeichner (Rauschunterdrückung – OpenCL-beschleunigt)
- Perspektivische Verformung
- Auswählen und Maskieren (OpenCL-beschleunigt)

GPU-beschleunigte Funktionen entlasten den Hauptprozessor und auch den Arbeitsspeicher, da die Bildzusammensetzung und einige einfache Beschleunigungsfunktionen nun von der Grafikkarte oder integrierten Grafik übernommen werden. Einige Bedienfunktionen wie das Verschieben des hereingezoomten Bildausschnittes erhalten dabei eine Eigenträgheit, sodass man sie anschubsen kann – ähnlich wie auf Smartphones oder Tablets.

Photoshop: Der passende Prozessor

Noch immer gilt, dass der eingesetzte Prozessor das Herzstück eines jeden Photoshop-PCs ist. Da hat sich auch über vier Jahre nach unserem letzten Benchmark-Test zu Adobes Bildbearbeitung wenig verändert. Noch immer gilt, dass Adobe Photoshop für viele Aktionen einen hohen Takt bzw. eine hohe IPC-Leistung mehr braucht als besonders viele Kerne oder Threads. Es gibt von dieser Regel ein paar Ausnahmen, die wir im Folgenden näher erläutern wollen.

Gesamtindex: In den CPU-Benchmarks (Gesamtindex) liegen die hoch taktenden Desktop-CPUs von Intel vorne, allen voran der Core i9-9900K. Auch der Core i9-7980XE hält sehr gut mit. Erst im Benchmark-Mittelfeld erscheint der Ryzen 7 2700X, die Ryzen-Threadripper-CPUs stehen im Puget-Benchmark auf den hinteren Plätzen (speziell die 2000er-Varianten). Allerdings muss man die relativen Abstände beachten: So hat ein Core i9-9900K @ 95 Watt auch nur elf Prozent mehr Punkte im Puget-Score. Im Gegenzug schafft der Ryzen 7 2700X rund 17 Prozent mehr Punkte als der Threadripper 1950X. Die Vorteile im Puget-Score bedeuten am Ende eine Zeitersparnis beim Berechnen der Aktionen.

Wer also viele Aktionen ausführt, macht das auf den erwähnten Intel-CPUs im Moment schlicht schneller als auf AMD-Prozessoren.

Hyper-Threading: Während die Fronten im Gesamtindex relativ eindeutig erscheinen, zeigen Einzelbenchmarks ein differenziertes Bild. Der Benchmark „Was bringt Hyper-Threading" zeigt, dass die von uns getesteten Intel-CPUs durchgängig von HT profitieren, die AMD-CPUs dagegen durchgängig durch das Abschalten von HT (z. B. über das BIOS) etwas schneller laufen. Das liegt offensichtlich nicht nur daran, dass die AMD-CPUs viele Kerne – egal ob physisch oder virtuell – haben, denn auch der Intel-Achtkerner Core i7-9900K legt durch HT noch mal zu, während der AMD-Achtkerner Ryzen 7 2700X durch HT verliert. Wir vermuten ein unterschiedliches Boostverhalten bei Intel und AMD. Wir haben AMD über dieses ungewöhnliche Verhalten bei HT informiert, bis zum Zeitpunkt der Heftabgabe aber noch keine plausible Erklärung dafür bekommen. Photoshop-Nutzer mit Ryzen-CPU sollten testweise HT abschalten.

Und was bringt der Dynamic Local Mode (DLM) bei Ryzen Threadripper WX? Wir zeigen Ihnen zwar keine Benchmarks, haben den Modus aber ausprobiert. Um es kurz zu machen: Bei normalen Photoshop-Aktionen können wir keine Verbesserungen feststellen, im Gegensatz zum Abschalten von Hyper-Threading. Wer viele RAW-Dateien entwickelt, bekommt ein leichtes Geschwindigkeitsplus im niedrigen einstelligen Prozentbereich, weshalb es hier durchaus sinnvoll sein kann, den Dynamic Local Mode zu nutzen. Den Game-Modus haben wir auf dem 2950X ebenfalls ausprobiert, im Falle der Photoshop-Aktionen aber wie beim DLM keine Verbesserung gemessen.

Kernzahl: Am Beispiel des Core i9-7980XE mit 3,4 GHz und deaktiviertem Hyperthreading wollen wir die Frage beantworten, wie viel Kerne Photoshop „braucht". Eine relativ lineare Steigung erhält man zwischen vier und zehn Kernen. So ist die 10-Kern-Fassung fast 20 Prozent schneller als die 4-Kern-Version. Unrund wird es dann ab 12 bis 18 Kerne, hier steigt die Leistung mal, dann fällt sie wieder. Man kann anhand der Benchmarks aber sagen, dass sechs physische CPU-Kerne eine gute Empfehlung für Photoshop darstellen, wenn man Preis, Leistung und Leistungsaufnahme in Betracht zieht. Das trifft auf den Core i7-8700K, Core i5-8600K und Ryzen 5 2600X im Testfeld zu.

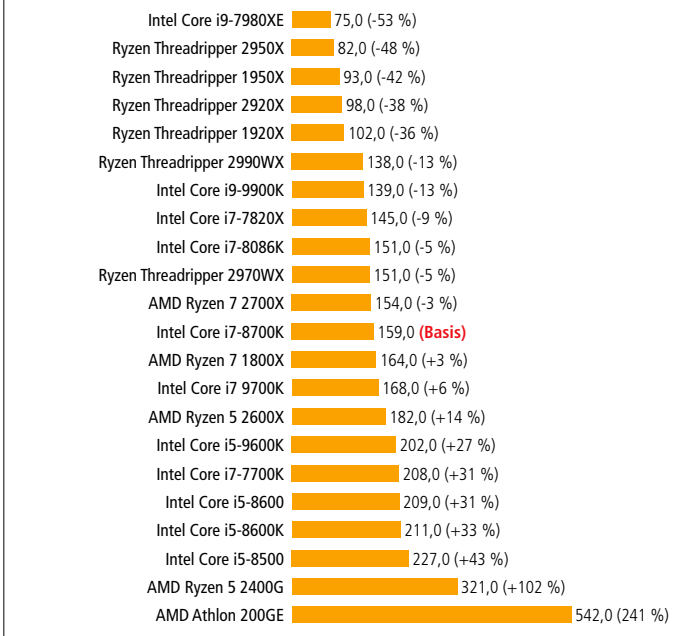
RAW-Konvertierung: Weiterhin ist interessant, wie gut sich die Ryzen-Threadripper-Prozessoren bei der Aufgabe schlagen, 100 RAW-Dateien in JPEG umzuwandeln (Camera Raw, Lightroom Classic 2018) – ein Musterbeispiel für Parallelisierung. Spitzenreiter hier ist zwar der Intel Core i9-7980XE, danach kommt aber geschlossen die Threadripper-Riege. Gemessen am Core i7-8700K ist zum Beispiel ein Threadripper 2950X fast 50 Prozent schneller. Der Ryzen 7 2700X ist immerhin noch 3 Prozent flotter unterwegs. Öffnet man weniger RAW-Dateien und wandelt diese um, fallen die Unterschiede naturgemäß deutlich kleiner aus, aber wer seinen PC hauptsächlich zur RAW-Entwicklung in Adobe-Programmen nutzt, ist mit Ryzen-CPUs nicht schlecht beraten. Eine kleine Ausnahme stellen die beiden APUs im Testfeld dar. Der Ryzen 5 2400G und der Athlon 200GE (nur im Lightroom-Benchmark) zeigen erhebliche Schwächen bei der RAW-Konvertierung, auch in den anderen Photoshopdisziplinen landet die 2400G-APU eher auf den hinteren Plätzen.

Overclocking: Schlussendlich beantworten wir auch die Frage, was das Übertakten des Prozessors in Photoshop bringt. Um es kurz zu machen: Ein höherer Takt schlägt sich sofort in einer schnelleren Bearbeitung von Photoshop-Aktionen nieder. Das Taktplus wird zwar nicht 1:1 in ein Leistungsplus umgesetzt, aber von der relativen Takterhöhung kommen je nach CPU zwischen 50 und 75 Prozent auch als gestiegene Leistung an.

In den Benchmarks zeigen wir zwar keine AMD-CPU, die Erkenntnisse sind aber 1:1 übertragbar. Auch bei Ryzen (Threadripper) wird das Taktplus gut in die schnellere Berechnung der Photoshop-Aktionen umgesetzt. Auch hier lohnt sich das Übertakten also.

Adobe Lightroom Classic 2018

Umwandlung von 100 RAW-Dateien ins JPEG-Format

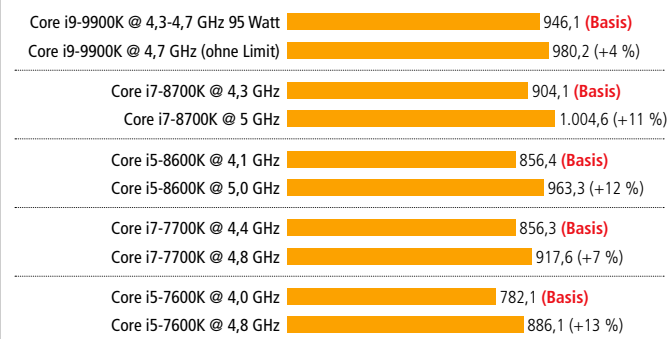


System: Core i9-7980XE @ 3,4 GHz (HT aus), Asus Strix X299-E, Geforce GTX 1080 Ti, 2x8 GiB Corsair Vengeance LPX Dual Ranked 2666 MHz, Windows 10 x64 (1803), Geforce 413.94 **Bemerkungen:** Beim reinen RAW-Umwandeln ergeben sich große Unterschiede.

Sekunden
◀ Besser

Was bringt CPU-Overclocking in Photoshop?

Photoshop 2018 19.1.6 – Puget-Benchmark 18.4.0 (8 Bit)



System: Diverse Systeme mit GTX 1080 Ti, 2 × 8 GiB Corsair Vengeance LPX Dual Ranked 2666 MHz, Windows 10 x64 (1803), Geforce 413.94 **Bemerkungen:** Das theoretische Leistungsplus durch einen höheren Takt wird gut in ein Leistungsplus umgewandelt.

Puget-Score
▶ Besser

Vorteile von CPU-Overclocking bei Intel

Prozessor	Taktplus	Leistungsplus	Mehrleistung
Core i9-9900K	ca. 7 %	4 %	57 %
Core i7-8700K	16 %	11 %	69 %
Core i5-8600K	21 %	12 %	57 %
Core i7-7700K	9 %	7 %	77 %
Core i5-7600K	20 %	13 %	65 %

Bemerkungen: Alle Intel-CPUs im Overclocking-Test setzen immerhin mehr als 50 Prozent der theoretischen Mehrleistung auch in praktische Leistungsverbesserungen um. Am „effizientesten" geht dabei die Kaby-Lake-CPU i7-7700K zu Werke, allerdings erzielt sie auch nur das geringste Plus bei der Takterhöhung.

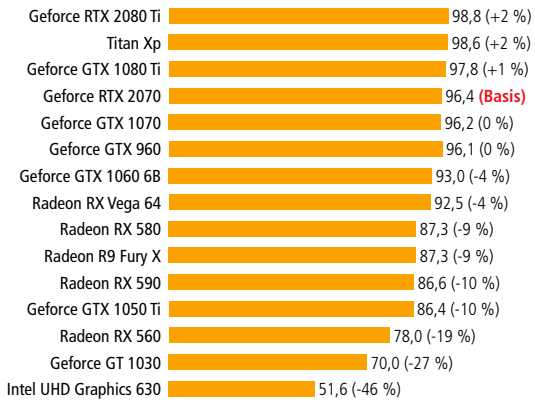
AMD gegen Intel: Vergleich der unserer Photoshop-PCs mit Messungen der Leistungsaufnahme

	Overall (Puget Score)	General-Score	Filter-Score	Photomerge-Score	GPU-Score	Leistungsaufnahme (Maximum)
AMD-System						
Ryzen 5 2600X + GTX 1070	788	70,9	81,8	88,7	80,8	194 Watt
Ryzen 5 2600X ohne SMT + GTX 1070	798	71,8	83	89,4	82,6	184 Watt
Ryzen 5 2600X + Radeon RX 580	770	67,3	81,3	87,8	74,5	195 Watt
Intel-System						
Core i5-8600K + Geforce GTX 1070	864	76,1	92,6	95	93,3	173 Watt
Core i5-8600K + Radeon RX 580	849,6	74,1	91,1	94,6	85,5	183 Watt

Testsystem: MSI Z370 Gaming Pro Carbon, Asus Crosshair VI Hero, 2 × 8 GiB DDR4-3200, Enermax Platimax 600 Watt

Grafikkarten-Benchmarks

Photoshop 2018 19.1.6 – Puget-Benchmark GPU-Score 18.4.0 (8 Bit)

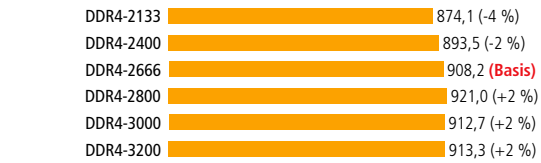


System: Core i7-8700K @ 4,3 GHz, Z370, 2 × 8 GiB DDR4-2666 (CL16), 1 TB SATA-SSD **Bemerkungen:** Nur die Intel-IGP sowie die Einsteiger-Geforce und -Radeon fallen ab. Ab rund 95 Fps werden Nvidia-GPUs von der Infrastruktur gebremst, die Ergebnisse schwanken.

Puget-Score ▶ Besser

RAM: Was bringt schneller Arbeitsspeicher?

Photoshop 2018 19.1.6 - Puget-Benchmark 18.4.0 (8 Bit)

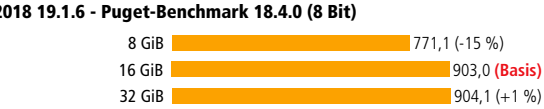


System: Core i7-8700K @ 4,3 GHz auf MSI Z370 Gaming Pro Carbon, 2 × 8 GiB Corsair Vengeance LPX Dual Ranked @ 2.666 MHz CL16, 1 TB SATA-SSD **Bemerkungen:** Mit DDR4-2666 ist man schon gut unterwegs, viel schneller wird es nicht mehr.

Puget-Score ▶ Besser

RAM: Wie viel Arbeitsspeicher darf es sein?

Photoshop 2018 19.1.6 - Puget-Benchmark 18.4.0 (8 Bit)



System: Core i7-8700K @ 4,3 GHz auf MSI Z370 Gaming Pro Carbon, 2 × 8 GiB Corsair Vengeance LPX Dual Ranked @ 2.666 MHz CL16, 1 TB SATA-SSD **Bemerkungen:** Gemäß der Benchmarks mit der Puget-Suite reichen 16 GiB, wir empfehlen trotzdem 32 GiB.

Puget-Score ▶ Besser

Photoshop: Die passende Grafikkarte

Darüber, welche Effekte ohne eine minimal benötigte Grafikkarte gar nicht laufen bzw. durch eine geeignete Grafikkarte beschleunigt werden, haben wir bereits im Abschnitt „Systemanforderungen“ berichtet. Nun stellt sich also die Frage, bei welchen der GPU-beschleunigten Aktionen sich wirklich Leistungsunterschiede zwischen den GPUs im Testfeld zeigen. Hier muss man eindeutig sagen, dass die Grafikkarte bei Weitem keinen so hohen Einfluss auf die Gesamtleistung hat wie die CPU. So beträgt der Unterschied zwischen einer Geforce GTX 1050 Ti (160 Euro) und einer Geforce RTX 2080 Ti (1.250 Euro) im GPU Score nur rund 14 Prozent. Nur die integrierte Intel-Grafik UHD Graphics 630, die Geforce GT 1030 und die Radeon RX 560 fallen vergleichsweise stark ab.

Generell schneiden die Radeons im Photoshop-Benchmark von Puget Systems etwas schwächer ab als ihre Geforce-Pendants. Eine wirkliche Erklärung können wir Ihnen dafür nicht liefern, die Unterschiede sind aber nicht so gravierend, dass man daraus ein Drama machen müsste.

Auch bei den GPU-beschleunigten Aktionen kann man noch einmal differenzieren. Während die Berechnung der Weichzeichner-Effekte über alle Grafikkarten hinweg relativ gleich lange dauern, zeigen sich ausgerechnet beim Neuberechnen der Bildgröße heftige Unterschiede. Während die schnellsten Grafikkarten hier nach etwas mehr als einer Sekunde mit dem Herunterrechnen auf 500 MByte fertig sind, braucht die integrierte Intel UHD 630 über sechs Sekunden. Zum Vergleich: Einsteiger-Grafikkarten kommen auf rund 2,5 Sekunden. Wer also wirklich sehr viel mit dem Herunterrechnen von Bilddateien zu tun hat, sollte nicht am falschen Ende sparen.

Photoshop: Wie viel RAM brauche ich wirklich?

Wie 2014 lässt sich hierauf schwer eine einfache Antwort geben, nicht umsonst hat selbst Adobe relativ niedrige Anforderungen an den Arbeitsspeicher. Zumindest nach dem Benchmark von Puget Systems ist man mit 16 Gigabyte gut beraten, eine größere Menge bringt zumindest bei den Aktionen, die im Benchmark vorkommen, keine Geschwindigkeitsvorteile. Das kann sich aber schnell ändern, wenn man mit besonders vielen und großen bzw. hochauflösenden RAW-Dateien hantiert, dabei noch HDR-Berechnungen mit 16 Bit pro Farbkanal durchführt oder im großen Stil Panorama-Bilder zusammensetzt. Dann dürfen es gerne auch 32 Gigabyte sein, denn dann können Sie Photoshop auch mehr RAM zuweisen als die üblichen 70 Prozent.

Um festzustellen, wie wichtig die Qualität des Speichers ist, haben wir den Corsair Vengeance LPX Dual Ranked 3000 MHz CL16 mit unterschiedlichen Frequenzen laufen lassen. Mit entsprechend niedrigeren oder höheren Taktfrequenzen ergeben sich zwar Leistungsunterschiede, diese fal-

AMD-basierter Photoshop-PC

Mit dem Ryzen 5 2600X erhalten Sie einen soliden Unterbau, um Spiele und auch Photoshop genießen zu können.

Wir setzen bei der Empfehlung für einen AMD-Photoshop-PC mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis auf den Ryzen 5 2600X, der in Photoshop mit sechs Kernen und bis zu 4 GHz agiert. Zusammen mit einer Radeon RX 580 bleiben Sie nur knapp über 1.000 Euro für einen kompletten PC. Wer noch etwas sparen möchte, kann hier im Zweifel beim RAM auf 2 × 8 GiB gehen (ca. 130 Euro). Wer lieber auf eine Geforce-Grafikkarte setzt, bekommt mit der GTX 1070 Twin X2 von Inno 3D einen guten Gegenwert in Photoshop-Benchmarks. Allerdings empfehlen wir diese Grafikkarte nicht mehr, wenn Sie vorwiegend aufwendige PC-Spiele zocken und die Bildbearbeitung nur Nebensache ist. Das AMD-System verbraucht dabei insgesamt etwas mehr Strom.

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis
Prozessor	AMD Ryzen 5 2600X	€ 205,-
CPU-Kühler	Arctic Freezer 33	€ 23,-
Grafikkarte (AMD)	MSI Radeon RX 580 Armor 8G OC	€ 215,-
Grafikkarte (Nvidia)	Inno 3D GeForce GTX 1070 Twin X2	€ 350,-
Mainboard	Asrock B450 Pro4	€ 85,-
Arbeitsspeicher	G.Skill Ripjaws V, 2 × 16 GiB, DDR4-3200	€ 265,-
SSD	Crucial MX500 (1 TB)	€ 140,-
Netzteil	Be Quiet Straight Power 11 (550 Watt)	€ 90,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 1.023,-**

Intel-basierter Photoshop-PC

Mit einem Sechskern-Prozessor von Intel sind Sie wie bei AMD für Spiele und Bildbearbeitung gut aufgestellt.

Das zum AMD-PC äquivalente Intelsystem ist etwas teurer, was vor allem am Mainboard und dem Prozessor liegt. Wer hier noch etwas einsparen möchte, kann auch auf den Sechskerner i5-8400 setzen, der rund 220 Euro kostet und das Budget damit um 45 Euro entlastet. Ansonsten besteht wie beim Ryzen-Rechner die Möglichkeit, den Arbeitsspeicher auf 2 × 8 GiB zu reduzieren (Ersparnis: rund 135 Euro), was wir aber nur Gelegenheitsnutzern von Photoshop empfehlen. Interessant: Bei all unseren Messungen (ob nun mit RX 580 oder GTX 1070) zeigt sich das Intel-System etwas sparsamer als das Ryzen-Pendant. Wer besonderen Wert auf Energieeffizienz legt, ist mit dem Intel-System also etwas besser beraten.

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis
Prozessor	Intel Core i5-8600K	€ 265,-
CPU-Kühler	Arctic Freezer 33	€ 23,-
Grafikkarte (AMD)	MSI Radeon RX 580 Armor 8G OC	€ 215,-
Grafikkarte (Nvidia)	Inno 3D GeForce GTX 1070 Twin X2	€ 350,-
Mainboard	Asrock Z370 Extreme 4	€ 160,-
Arbeitsspeicher	G.Skill Ripjaws V, 2 × 16 GiB, DDR4-3200	€ 265,-
SSD	Crucial MX500 (1 TB)	€ 140,-
Netzteil	Be Quiet Straight Power 11 (550 Watt)	€ 90,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 1.158,-**

len aber im niedrigen einstelligen Prozentbereich und damit recht gering aus. Achten sollten Sie in erster Linie darauf, dass Ihr Speicher alle verfügbaren Speicherkanäle nutzt – welche RAM-Bänke dafür bestückt werden müssen, steht im Mainboard-Handbuch.

SSD, Monitor und NAS

Bei SSDs stehen weiterhin die Kapazität und der Preis im Vordergrund (siehe Einkaufsführer), auch beim Herunterskalieren sind kaum Unterschiede zwischen SATA und PCI-Express zu messen. Wer mit seinem Display Bilder bearbeiten und spielen will, sollte ein IPS-Panel in Betracht ziehen (z. B. den händisch kalibrierten Acer XF270HUA).

Bei der Sicherung von Fotoarchiven empfehlen wir weiter mechanische Festplatten, zum Beispiel ein NAS oder ein lokales Sicherungslaufwerk im ausfallsicheren Raid-1-Verbund. Mittlerweile ist das Sichern von Dateien in der Cloud ebenfalls ein großes Thema, Adobe selbst bietet beispielsweise ein Foto-Abo mit Lightroom CC/Classic, Photoshop CC und 1 TB Cloud-Speicher für 23,79 Euro im Monat an. Ein schneller Internet-Upload (10 Mbit/s oder schneller) ist empfehlenswert. *(tb/wt)*

Fazit

Photoshop, wo geht es hin?

Die Gesetzmäßigkeiten, die schon 2014 für Photoshop gegolten haben, sind in vielen Bereichen auch noch 2018/2019 gültig. Es wäre zu wünschen, dass Adobe die Parallelisierung von Aufgaben und die GPU-Beschleunigung weiter vorantreibt, damit auch moderne Hardware gut ausgenutzt werden kann.

LG
Hardware
Auf DVD
Raytraci
in Battlefield 5
Vergleichstest RTX 2
Intel vs. AMD: Wer pr
mehr von besserem
Preisbrecher Radeon
Gaming Monitore
6

Spiele versus Realität

Von Entwicklern gestellte Systemanforderungen sind häufig vage und schweigen sich zumeist über Detailgrad, Auflösung und Bildrate aus. Wir analysieren drei Spiele und geben realistische Auskunft.

So ziemlich jeder, der den PC nicht nur für Youtube-Videos und Datenverarbeitung sondern auch für virtuelle Abenteuer nutzt, hat sich wohl schon einmal mit von Spiele-Herstellern angegebenen Systemanforderungen auseinander gesetzt. Diese sind für einen PC-Spieler natürlich auch deshalb von Belang, da sie die Mindestvoraussetzungen an Hardware listen, die nötig ist, um das Spiel zum Laufen zu bringen. Auch geben die Empfehlungen des Herstellers Auskunft, mit welcher Hardware das Spiel optimal läuft. Nun ja, so sollte es jedenfalls sein.

In der Praxis wirken die Herstellerangaben sowohl in Bezug auf die Minimalvoraussetzungen als auch Hardware-Empfehlungen häufig kurios, in guten Fällen aber mindestens schwammig. So passt die Leistungskategorie der angegebenen Hardware häufig nicht zusammen. Für Battlefield 5 wird etwa in den Hardware-Empfehlungen ein Ryzen 3 1300X neben einem Core i7-4790 gelistet. Die Ergänzung „oder vergleichbar" macht die Angabe noch schwammiger. Womit vergleichbar, dem von AMD stammenden, mit 3,5 GHz (Turbo bis zu 3,7 GHz) rechnenden Ryzen-Vierkerner ohne SMT oder mit dem deutlich potenteren Intel-Quadcore samt SMT, der 3,6 GHz und bis zu 4,0 GHz Turbo-Takt bietet? Und für welche Einstellungen und Auflösungen gelten die Voraussetzungen eigentlich?

In diesem Punkt bietet Ubisoft bei Assassin's Creed Odyssey etwas mehr Transparenz und listet Hardware in drei Kategorien samt Nennung der Auflösung und des Detailgrads. Ja sogar das Frameraten-Ziel wird angegeben. Dies ist eigentlich als sehr vorbildlich zu sehen, trotzdem wirken die Angaben teilweise irritierend. Reicht eine relativ potente R9 285 wirklich nur für 30 Fps bei niedrigen Details und 720p-Auflösung? Und wieso ist sie neben der GTX 660 gelistet, die nicht nur eine Leistungsklasse unter der RX 285 liegt, sondern auch noch mit einem zweigleisig angebundenen 1,5 + 0,5 GiByte messenden Speicher gehandicapt ist. Bei den Empfehlungen für hohe Details fällt ins Auge, dass Ubisoft die CPU-Empfehlungen für Ultra-HD-Auflösung recht kräftig erhöht, obwohl die Angaben für Detailgrad und Framerate bei beiden Empfehlungen gleich bleiben und sich damit auch die Anforderungen an den Prozessor nicht gravierend ändern sollten.

Bei Forza Horizon 4 sind weder in den minimalen Systemanforderungen noch in den Hardware-Empfehlungen AMD-CPUs gelistet. Läuft der Titel also nicht mit solch einem Prozessor? Das erscheint sehr unwahrscheinlich, schließlich stammt das Spiel von einem Microsoft-Studio und wurde auf das System des Xbox-One-Herstellers optimiert, in der AMD-Hardware werkelt. Die restlichen CPU-Angaben fallen zudem mit einem i3-4170, einem i5-750 in den minimalen Anforderungen und einem i7-3820 bei den Empfehlungen recht exotisch aus, diese CPUs sind unter Spielern nicht gerade die verbeitetsten Prozessoren.

Mehr Klarheit

Um etwas mehr Transparenz in die wenig klare Suppe der angegebenen Anforderungen zu bringen, prüfen wir die Hersteller-Angaben in der Praxis. Wir suchen uns dazu nicht nur die unserer Meinung nach schwächste Konfiguration zum Testen aus, sondern ergänzen Dutzende weitere Messungen mit unterschiedlichen Prozessoren und Grafikkarten. Diese testen wir in sämtlichen Detailstufen des jeweiligen Spiels durch. Mit diesem Kontext können wir die Herstellerangaben nicht nur überprüfen, sondern auch anhand der erhobenen Daten selbst fundierte Leistungseinschätzung geben und eigene Empfehlungen.

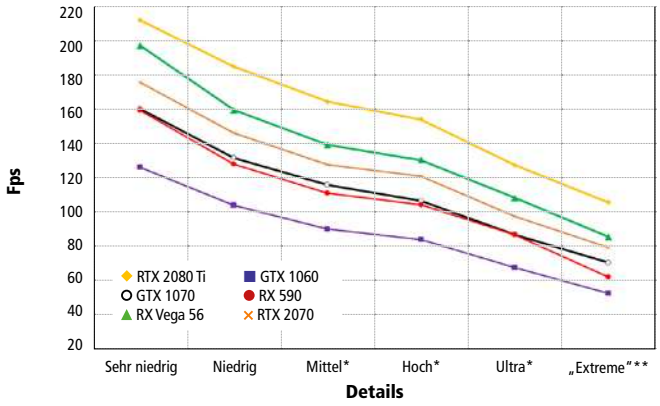
Battlefield 5 ist ein schickes, aber auch sehr forderndes Spiel geworden. Es wurde in Kooperation mit Nvidia entwickelt, auch um deren Raytracing-Effekte zu integrieren.

Odyssey stellt mit der technisch außerordentlich beeindruckenden, riesigen Spielwelt ebenfalls sehr hohe Anforderungen an die Hardware und wurde von AMD unterstützt.

Forza Horizon 4 ist das beste und technisch sauberste Arcade-Rennspiel auf dem PC. Bei dem Microsoft-Renner stehen deren Xbox-Konsolen, DX12 und UWP im Fokus.

Grafikkarten Detailskalierung (Grafiklimit)

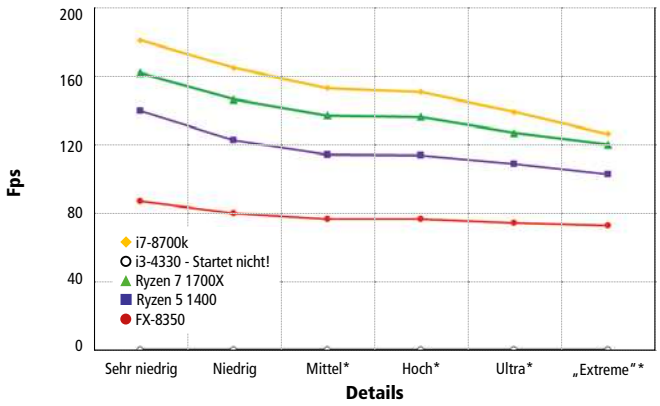
Benchmark „Ambleside Autumn", 1.920 × 1.080



System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, RTX 2080 Ti/11G (~1.935 MHz), GTX 1070/8G (~1.898 MHz), RX 590/8G (~1.580 MHz) Vega 56 (~1.540 MHz), RTX 2070/8G (~1.935 MHz) Geforce 417.22 WHQL, RS 18.12.1.1; Windows 10 x 64 (1809) **Bemerkungen:** *mit 2x MSAA, **mit 4x MSAA

Prozessoren Detailskalierung (CPU-Limit)

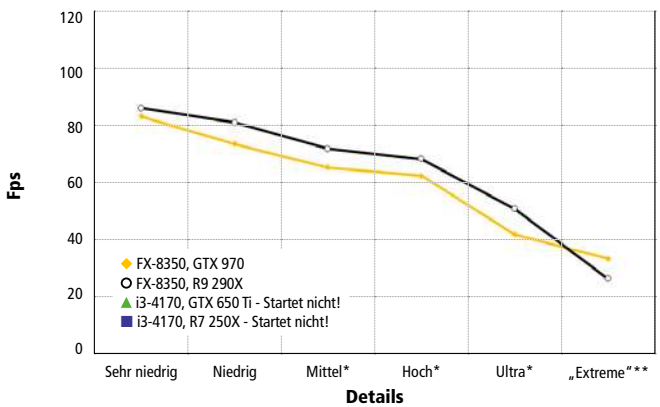
Benchmark „Ambleside Autumn", 1.280 × 720



System: FX-8350 (4,0-4,2 GHz), i3-4330 (3,5 GHz), Ryzen 7 1700X (3,4-3,8 GHz), Ryzen 5 1400 (3,2-3,4 GHz), i7-8700K (3,7-4,7 GHz) 2 × 8 GiByte RAM: DDR3-1600 (i3), DDR3-1866 (FX), DDR4-2667 (Ryzen, i7), RTX 2080 Ti/11G (~1.905 MHz), Geforce 417.22 WHQL; Win 10 x 64 (1809) **Bemerkungen:** *ohne MSAA

Performance mit Hersteller-Empfehlungen***

Benchmark „Ambleside Autumn", 1.920 × 1.080



System: FX-8350 @ Stock (4,0-4,2 GHz), 2 × 8 GiByte DDR3-1866 RAM, MSI GTX 970/3,5+0,5G (~1.316 MHz), Powercolor R9 290X PCS+/4G (~1.040 MHz); Geforce 417.22 WHQL, RS 18.12.1.1; Windows 10 x 64 (1809) **Bem.:** *mit 2x MSAA, **mit 4x MSAA; ***Annäherung; Spiel startet mit den Dualcores nicht.

Forza Horizon 4

Mit dem Arcade-Renner Forza Horizon 4 ist Microsoft und den Studios Turn 10 sowie Playground Games ein echter Hit gelungen. Und im Gegensatz zum Vorgänger Forza Horizon 3 läuft das schicke Rennspiel nun auch auf Windows-PCs sauber und flüssig. Forza Horizon 4 setzt dabei, wie auch der Vorgänger, auf Windows 10, Direct X 12 sowie den Microsoft-Store beziehungsweise die Unversal Windows Plattform (UWP). Letztere machte in Forza Horizon 3 noch viel ärgern, auch war die Ressourcen-Nutzung insbesondere der verbauten CPU nicht gut. Dies wiederum machte es schwierig, Forza Horizon 3 auch auf sehr potenten Systemen zu stabilen 60 Fps zu überreden.

Diese Umstände räumt Forza Horizon 4 praktisch vollständig aus, die Nutzung von CPU, GPU und Speicher wirkt nun deutlich ausgewogener und effizienter. Trotz der sehr schicken Optik, der selbst mit reduzierten Grafikeinstellungen noch eindrücklichen Weitsicht, der hohen Detaildichte und den schicken Wagenmodellen läuft das Spiel selbst auf schwächerer Hardware sehr gut. Mit entsprechend potenteren Komponenten können sowohl hohe Bildraten als auch hohe Auflösungen angestrebt werden.

Bei den minimalen Systemanforderungen gibt Forza Horizon 4 eine i3-4170 mit 3,7 GHz sowie einen i5-750 mit 2,67 GHz an. Letzterer ist ein Vierkerner ohne SMT und stammt aus der Lynnfield-Generation, erschien also bereits im Jahre 2009. Bei den Empfehlungen listet Microsoft einen i7-3820, einen Intel-Vierkerner samt SMT und 3,7 GHz. Über AMD-Prozessoren schweigen sich die Systemanforderungen aus, nicht mal für ein „oder vergleichbaren AMD-Prozessor" hat es gereicht.

Wir entschieden uns, für die Hardware-Empfehlungen statt des Intel-Prozessors einen FX-8350 zu nutzen. AMDs Viermoduler kann ähnlich einem Intel-Vierkerner mit SMT 8 Threads gleichzeitig abarbeiten (4M/8T), die Bulldozer-Architektur war in Spielen indes nie auf dem Performance-Level zeitgenössischer Intel-Vierkerner. Mit anderen Worten: Der FX-8350 ist auch mit 4,0 GHz und 4,2 GHz maximalem Turbo-Takt mit einiger Gewissheit deutlich langsamer als der i7-3820. Der FX-8350 liefert wiederum über alle Detailstufen mehr als 60 Fps und reicht aus, um die ebenfalls in den Hardware-Empfehlungen gelisteten Grafikkarten in Form der R9 290X und GTX 970 auszulasten. Deren 4 GiByte Speicher sind für händisch maximierte „Extreme"- und Ultra-Details samt MSAA allerdings etwas knapp.

Die Hardware-Empfehlungen von Forza Horizon 4 stellen sich als recht passend heraus. Bei der CPU hätte – wie mit unseren Messungen bewiesen – ein FX-8350 ausgereicht. Ein in der Performance zumindest ähnlich schneller Core i5 wie etwa ein i5-3570 (3,4-3,8 GHz) würde ebenfalls genügen. Für eine gute Performance ist kein Vierkerner mit Hyperthreading nötig, wohl aber nützlich.

Bei Testen der minimalen Systemvoraussetzungen erlebten wir indes eine Überraschung. Forza Horizon 4 startete mit dem i3-4170 nicht. Und auch mit dem für unsere Prozessor-Detailskalierung erkohrenen i3-4330 ließ sich das Rennspiel nicht zum Laufen bewegen. Der Splash-Screen des Spiels zeigte sich mit beiden CPUs für einige Minuten und verschwand dann wieder. In einigen Fällen ploppte auch eine Fehlermeldung mit der Kennung 0x803F8001 auf. Dies bestätigte sich auch auf einem zweiten System mit einem zweiten Spiele-Account. Dieser Umstand ist umso mehr verwunderlich, da einige Videos auf Youtube existieren, die eindeutig dokumentieren, dass das Spiel auf einem solchen Intel-Prozessor läuft. Die Performance jenseits niedrigen Details wirkt allerdings sehr mäßig. Trotzdem sollte der i3-4170 und i3-4330 aber ausreichen, um Forza Horizon 4 mit niedrigen Details halbwegs flüssig zu genießen. Wir können es aber nicht validieren und würden außerdem zu etwas potenteren Prozessoren mit vier phyischen Kernen raten, einem Ryzen 3 1200 oder einen der neuen Intel i3 mit vier Kernen wie den i3-8300 etwa.

Forza Horizon 4 mit Minimalanforderungen – Core i3-4170 und GTX 650 Ti

Das Spiel stürzt entweder ohne jegliche Fehlermeldung ab, oder zeigt uns den Fehlercode 0x803F8001 an.

Im Grunde sollte der Titel mit dieser Konfiguration laufen, wir raten aber zu einem echten Vierkernprozessor.

System: Core i3-4170 (3,7 GHz), 8 GiByte DDR3-1600 RAM, GTX 650 Ti/2G; Geforce 417.22 WHQL; Windows 10 x64 (1809) **Bemerkungen:** **Frametimes, weniger und glatter ist besser!**

Forza Horizon 4 mit Minimalanforderungen – Core i3-4170 und R7 250X

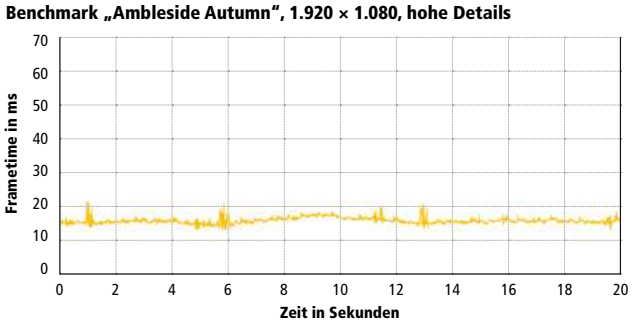
Das Spiel stürzt entweder ohne jegliche Fehlermeldung ab, oder zeigt uns den Fehlercode 0x803F8001 an.

Im Grunde sollte der Titel mit dieser Konfiguration laufen, wir raten aber zu einem echten Vierkernprozessor.

System: Core i3-4170 (3,7 GHz), 8 GiByte DDR3-1600 RAM, R7 250X/2G; Radeon Software 18.12.1.1; Windows 10 x64 (1809) **Bemerkungen:** **Frametimes, weniger und glatter ist besser!**

Forza Horizon 4 mit empfohlener Hardware – FX-8350(***) und GTX 970

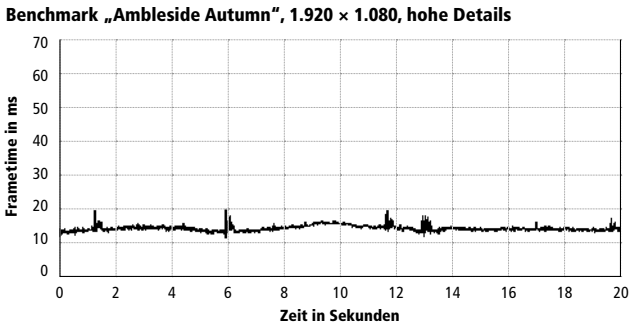
Der FX-Prozessor ist für 60 Fps bis einschließlich Ultra-Details ausreichend. Sogar mit maximierten Details lässt sich ein Spielchen wagen, doch macht der Speicher der GTX 970 bei der Nutzung der höchsten Detailstufen samt MSAA schlapp. Wir raten zu hohen Details.



System: FX-8350 (4,0-4,2 GHz), 8 GiByte DDR3-1866 RAM, GTX 970 (~1.316 MHz), Geforce 417.22 WHQL; Windows 10 x64 (1809) *** AMD FX-8350 statt Core i7-3820 **Bem.:** **Framet., weniger und glatter ist besser!**

Forza Horizon 4 mit empfohlener Hardware – FX-8350(***) und R9 290X

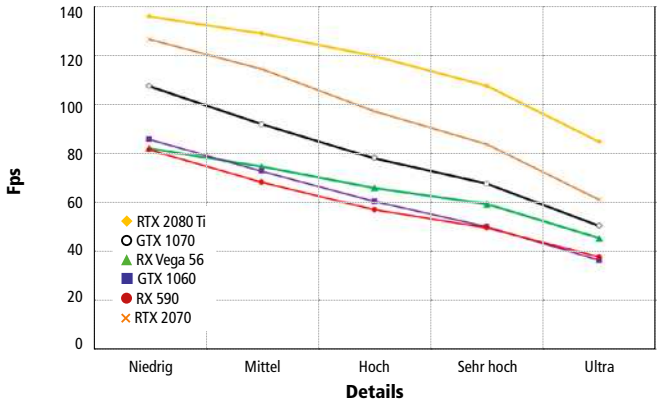
Trotz geringem CPU-Spielraum, den der FX-Prozessor der R9 290X noch einräumt, kann die AMD-GPU die prinzipiell ähnlich schnelle GTX 970 schlagen. Doch auch hier limitiert bei hohen Detailstufen samt Multisampling der Grafikspeicher. Bei hohen Details ist die Performance sauber.



System: FX-8350 (4,0-4,2 GHz), 8 GiByte DDR3-1866 RAM, R9 290X (~1.040 MHz), Radeon Software 18.12.1.1; Win 10 x64 (1809) *** AMD FX-8350 statt Core i7-3820 **Bem.:** **Framet., weniger und glatter ist besser!**

Grafikkarten Detailskalierung (Grafiklimit)

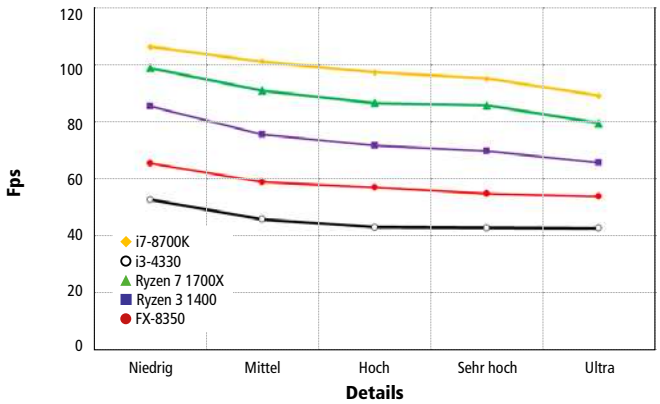
Benchmark „Riding Phobos", 1.920 × 1.080



System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, RTX 2080 Ti/11G (~1.935 MHz), GTX 1070/8G (~1.898 MHz), RX 590/8G (~1.580 MHz) Vega 56 (~1.540 MHz), RTX 2070/8G (~1.935 MHz) Geforce 417.22 WHQL, RS 18.12.1.1; Windows 10 x 64 (1809)

Prozessoren Detailskalierung (CPU-Limit)

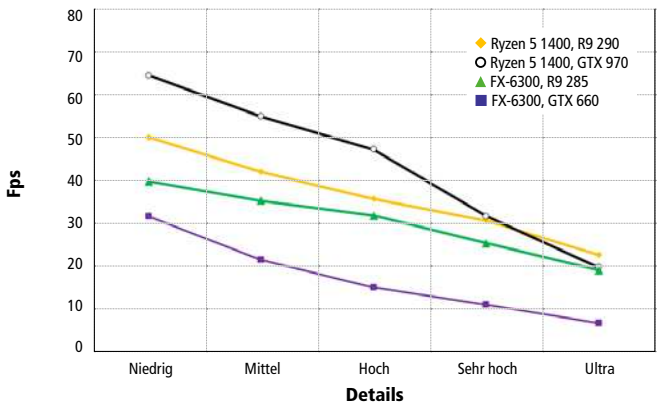
Benchmark „Riding Phobos", 1.280 × 720 / 50 % Renderskalierung



System: FX-8350 (4,0-4,2 GHz), i3-4330 (3,5 GHz), Ryzen 7 1700X (3,4-3,8 GHz), Ryzen 5 1400 (3,2-3,4 GHz), i7-8700K (3,7-4,7 GHz); 2 × 8 GiByte RAM: DDR3-1600 (i3), DDR3-1866 (FX), DDR4-2667 (Ryzen, i7), RTX 2080 Ti/11G (~1.905 MHz), Geforce 417.22 WHQL; Win 10 x 64 (1809)

Performance mit Hersteller-Empfehlungen

Benchmark „Riding Phobos", 1.920 × 1.080



System: FX-6300 (3,5-3,8 GHz), 8 GiByte DDR3-1866 RAM, Ryzen 5 1400 (3,2-3,4 GHz), 2×8 GiByte DDR4-2667 RAM, GTX 970/3,5+0,5G (~1.316 MHz), R9 290/4G (~1.040 MHz), GTX 660/1,5+0,5G (~1.084 MHz), R9 285/2G (~1.040 MHz), Geforce 417.22 WHQL, RS 18.12.1.1; Win 10 x 64 (1809)

A. Creed Odyssey

Ubisofts jüngstes Assassinen-Abenteuer gehört zu den aktuell anspruchsvollsten Spielen überhaupt. Die große, mit unzähligen Details und NPCs ausgeschmückte, offene Welt sowie die feine Grafik benötigen viele Ressourcen. Um die benötigten Daten für die offene Welt ausreichend schnell zur Verfügung zu stellen und darüber hinaus Nebenberechnungen für NPCs, Physik und Audio auszuführen, ist außerdem ein flotter Prozessor gefragt. Die beiden jüngsten Teile der Assassin's-Creed-Reihe, namentlich Origins und Odyssey verwenden dabei die akutelle Version der Anvil-Next-Engine. Diese kann trotz Nutzen der Direct-X-11-Schnittstelle offensichtlich viele Rechenaufgaben parallel abarbeiten und somit große Leistungs-Vorteile aus modernen Manycore-CPUs schöpfen.

Diese Mehrkern-Abhängigkeit macht sich auch bei unseren CPU-Tests bemerkbar: Bei den minimalen Systemanforderungen (für niedrige Details, 720p und 30 Fps) listet Odyssey einen FX-6300, einen Ryzen 3 1200 und einen Core i5-2400. Doch ist dort kein Intel Dualcore samt SMT (2C/4T), wie etwa der von uns genutzte i3-4330, gelistet. Trotzdem startet das Spiel mit dem Dualcore und lässt sich sogar mit halbwegs flüssigen Bildraten genießen. Reicht dieser Prozessor also für Assassin's Creed Odyssey? Nein, oder nur bedingt, denn mit dem Dualcore werden viele Elemente der Spielegrafik nicht oder stark verzögert geladen, darunter Texturen aber auch die Modelle der NPCs. Entweder die Figuren ploppen in kurzer Entfernung plötzlich auf oder zeigen sich in einem Platzhalter-Modell. Wirklich spielbar und immersiv ist Odyssey so nicht.

Besser schlägt sich dann schon der FX-6300, welcher mit 3 Modulen aufwartet und 6 Threads gleichzeitig verarbeiten kann (3M/6T). Für deutlich mehr als 30 Fps ist der AMD-Prozessor aber nicht geeignet. Dies kann allerdings auch kaum von der GTX 660 erwartet werden, die sich neben dem FX-6300 in den Minimal-Anforderungen findet. Die ehemalige Mittelklasse-Geforce wird dabei gemeinsam mit der Radeon R9 285 genannt, die eigentlich aus einer etwas potenteren Leistungsklasse stammt. Das Hauptproblem der GTX 660 ist indes deren zweigleisig angebundener Speicher von 1,5 + 0,5 GiByte (vergleiche GTX 970). In Full HD werden selbst mit niedrigsten Details in Full HD gute 2 GiByte RAM belegt und damit auch der langsame Part des Speichers der GTX 660. Die Performance mit der Geforce-GPU bricht daher völlig zusammen, tatsächlich läuft das Spiel erst mit niedrigen Details und 720p rund.

Stimmen also die Anforderungen? Nun ja, für die GTX 660 passen die Angaben. Mit der R9 285 könnte man aber schon Full HD und mittlere Details anstreben, eventuell mit der dynamischen Auflöungsskalierung die Odyssey im Grafikmenü anbietet. Damit wären auch mit dem FX-6300 spielbare 30 Fps möglich und grafisch läge das Spiel in etwa auf dem Level der ursprünglichen Versionen der Xbox One und PS4. Gegenüber 720p bei niedrigen Details ist das ein gewaltiger Unterschied.

Die gelisteten Empfehlungen für hohe Details, volle Full-HD-Auflösung und 30 Fps passen prinzipiell gut. Mit dem Ryzen 5 1400, AMDs Vierkerner samt SMT (4C/8T) aus dem mittleren Preissegment liefert eine sehr ansprechende Performance, die ausreicht, um GTX 970 und R9 290 auszulasten. Die R9 290 weist allerdings Auslastungsprobleme auf, ein Umstand, der auch andere AMD-GPUs in Assassin's Creed betrifft, beispielsweise die RX Vega 56 in unseren Grafikkarten-Messungen. Des Weiteren sind die vier GiByte Speicher der beiden GPUs für Ultra-Details knapp. Für eine rundere, geschmeidigere Performance und etwas höhere Bildraten würden wir daher zumindest einen Intel-Vierkerner samt SMT oder Ryzen 7 1600 empfehlen, eine gute Empfehlung für 1080p und (sehr) hohe Details wären GTX 1060/6G sowie RX 580/8G. Für 60 Fps ist vor allem eine potente CPU gefragt: Wir empfehlen einen Sechskerner wie den Ryzen 7 2600(X) oder den i7-8600(K).

NEU: 1&1 AUSTAUSCH-SERVICE

1&1 ALL-NET-FLAT

✓ **FLAT** TELEFONIE
✓ **FLAT** INTERNET
✓ **FLAT** EU-AUSLAND

ab 9,99 €/Monat*
12 Monate, danach 19,99 €/Monat

Handy kaputt? Handy neu!

Wir ersetzen Ihr Handy innerhalb von 24 h

- ✓ bei technischem Defekt
- ✓ bei Display-Bruch
- ✓ bei Wasserschaden

1&1 tauscht Ihr defektes Smartphone vor Ort aus – kostenfrei bei gleichzeitiger Verlängerung Ihrer Vertragslaufzeit auf insgesamt wieder 24 Monate.

Die Alternative zur Handy-Versicherung

Internet made in Germany

Sofort starten: 1 NACHT OVERNIGHT-LIEFERUNG

In Ruhe ausprobieren: 1 MONAT TESTEN*

Expertenrat? Jederzeit: 1 ANRUF GENÜGT

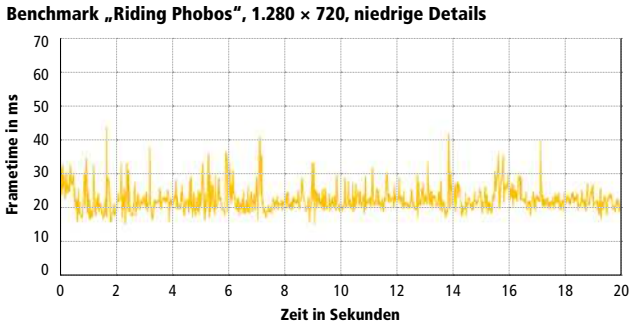
02602/9696

1und1.de

*24 Monate Vertragslaufzeit. Sonderkündigung im ersten Monat möglich. 1&1 All-Net-Flat mit 3 GB Highspeed-Volumen/Mon. (bis zu 21,6 MBit/s im Download/bis zu 11 MBit/s im Upload, danach jew. max. 64 kBit/s) für die ersten 12 Monate 9,99 €/Monat, danach 19,99 €/Monat. Telefonate in dt. Fest- und Handynetze inklusive. Verbindungen innerhalb des EU-Auslands und aus EU nach Deutschland plus Island, Liechtenstein und Norwegen. Kostenlose Overnight-Lieferung, einmaliger Bereitstellungspreis 29,90 €. Mit Smartphone ab 7,– €/Mon. mehr, ggf. zzgl. einmaligen Gerätepreises (Höhe geräteabhängig). Weitere LTE-Tarife verfügbar. 1&1 Austausch-Service nicht bei mutwilligen Schäden, und sofern der letzte selbstverschuldete Schaden weniger als 12 Monate zurückliegt. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, Elgendorfer Straße 57, 56410 Montabaur

AC Odyssey mit Mindestvoraussetzungen – FX-6300 und GTX 660

Wir haben nicht damit gerechnet, dass man Odyssey auf einem FX-6300 und einer GTX 660 spielen kann. Das kann man auch nur gerade so, Problem ist neben generell zu wenig Leistung vor allen der geteilte 1,5+0,5 GiByte kleine Grafikspeicher. Besser wäre eine GTX 670/2G.

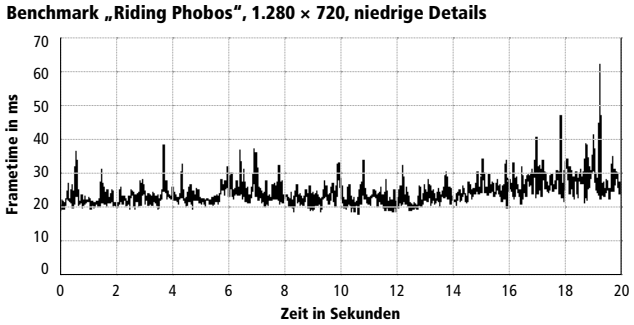


System: FX-6300 (3,5-3,8 GHz), 8 GiByte DDR3-1866 RAM, GTX 660/1,5+0,5G (~1.084 MHz), Geforce 417.22 WHQL; Win 10 x 64 (1809)

Bemerkungen: Frametimes, weniger und glatter ist besser!

AC Odyssey mit Mindestvoraussetzungen – FX-6300 und R9 285

Mit der R9 285 läuft Odyssey trotz schwächelnder AMD-Performance nahe dem CPU-Limit um Welten besser als mit der GTX 660. Mit dieser Konfiguration können Sie gar Full HD und mittlere Details anstreben. Wir würden außerdem das dynamische Upscaling empfehlen.

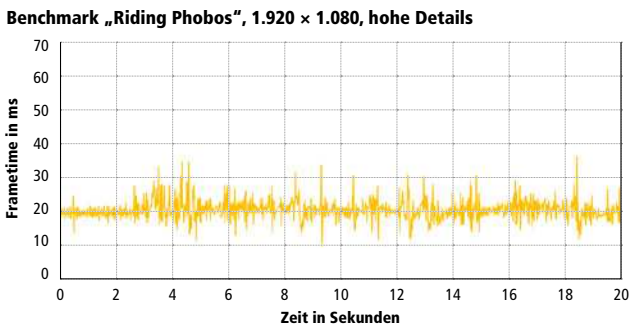


System: FX-6300 (3,5-3,8 GHz), 8 GiByte DDR3-1866 RAM, R9 285/2G (~1.040 MHz), RS 18.12.1.1; Win 10 x 64 (1809)

Bemerkungen: Frametimes, weniger und glatter ist besser!

AC Odyssey mit empfohlener Hardware – Ryzen 5 1400 und GTX 970

Die Leistung mit Nvidias GTX 970 und AMDs Ryzen 5 1400 ist mehr als befriedigend. Bei Ultra-Details geht der GPU allerdings der Speicher aus, verstärkt wird dieser Umstand durch die 3,5+0,5 GiByte Speichersegmentierung der GTX 970.

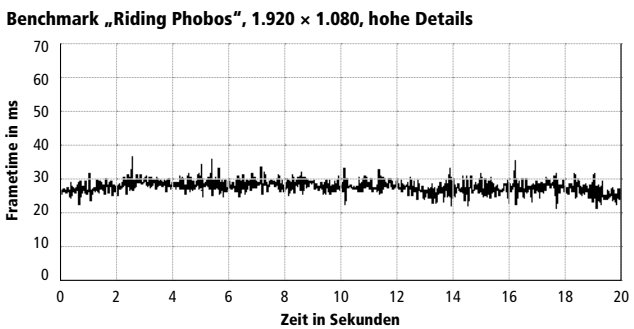


System: Ryzen 5 1400 (3,2-3,4 GHz), 2×8 GiByte DDR4-2667 RAM, GTX 970/3,5+0,5G (~1.316 MHz), Geforce 417.22 WHQL; Win 10 x 64 (1809)

Bemerkungen: Frametimes, weniger und glatter ist besser!

AC Odyssey mit empfohlener Hardware – Ryzen 5 1400 und R9 290

In Assassin's Creed sollten Sie mit einer AMD-GPU möglichst hohe Details fahren, um die Auslastung der GPU zu gewährleisten. Denn sinkt die Grafiklast im Verhältnis zur CPU-Last oder ist der Prozessor sehr schwach, so lässt in Odyssey auch die AMD-GPU Leistung auf der Strecke.



System: Ryzen 5 1400 (3,2-3,4 GHz), 2×8 GiByte DDR4-2667 RAM, R9 290/4G (~1.040 MHz), RS 18.12.1.1; Win 10 x 64 (1809)

Bemerkungen: Frametimes, weniger und glatter ist besser!

Battlefield 5

Shooter-Spezialist DICE verfrachtet Battlefield 5 nicht nur szenariotechnisch nach vorn, das nun im Zweiten Weltkrieg spielende Grafikspektakel mit Frostbite-Technik stößt auch in optisch fortschrittliche Gefilde vor. Als erstes Spiel überhaupt nutzt Battelfield 5 Microsofts Direct-X-Raytracing DXR und lässt Spieler mit kompatiblen Grafikkarten, also der jüngst erschienenen RTX-Reihe von Nvidia, ausgesprochen schicke Raytracing-Spiegelungen bestaunen. Da diese komplett andere Anforderungen an die Hardware stellen, haben wir die Raytracing-Performance in einen Sonderteil in diesem Artikel ausgegliedert. Sie finden die Grafikkartenskalierung und eine Performance-Analyse für die hybride Raytracing-Darstellung auf der letzten Seite.

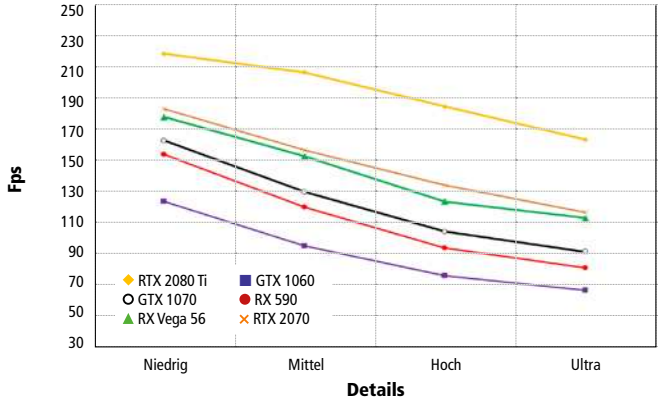
Doch auch abgesehen von Raytracing ist die per aktueller Frostbite-Engine angetriebene optische Darstellung außergewöhnlich gut. Die Einzelspieler-Missionen sind grafisch sehr abwechslungsreich und bieten eine Vielzahl kleiner Details, darunter fein tessellierte Oberflächen, schick ausgeleuchtete und verschattete, von der GPU beschleunigte Partikeleffekte, eine teils zerstörbare Umgebung samt hoher Detaildichte und Weitsicht und ausgesprochen flüssige, geschmeidig überblendende Animationen. Grafisch ist Battlefield 5 ein Fest.

Die Systemanforderungen lesen sich erstaunlich moderat, bei den minimalen Hardwarevoraussetzungen listet DICE bei den Grafikkarten eine RX 560 und GTX 1050 oder eine GTX 660 beziehungsweise HD 7850 mit jeweils 2 GiByte Grafikspeicher. Bei den Prozessoren setzt DICE einen FX-8350 oder einen i5-6600 voraus. Dies wirkt indes ein wenig befremdlich, denn der Intel-Vierkerner sollte eine ganze Ecke flotter rechnen als die FX-CPU. Noch seltsamer wirkt die Gleichstellung von Ryzen 3 1300X und Core i7-4790 – der Ryzen ist dabei ein reiner Vierkerner ohne SMT, der dem Intel-Prozessor deutlich unterlegen sein sollt. Wenn Sie die Prozessor-Detailskalierung im Graphen rechsts begutachten, werden Sie feststellen, dass ein Ryzen 3 1400 mit SMT (4C/8T) recht beträchtlich schneller ist als der FX-8350. Der Ryzen 3 1300X dürfte in Battlefield 5 selbst ohne SMT kaum langsamer rechnen als der FX-Prozessor. Unsere Mutmaßung: Die stärkeren und jeweils an zweiter Stelle gelisteten Intel-CPUs sind als Empfehlung für den Multiplayer-Modus gedacht, in dem die CPU stärker gefordert wird. Leider können wir diese Theorie aktuell nicht mit Messwerten aus der Praxis belegen, denn zum momentanen Zeitpunkt sind Mehrspieler-Benchmarks in Battlefield 5 kaum zu realisieren. Es existieren einfach zu wenig Server, um die für reproduzierbare Messungen nötigen Voraussetzungen Conquest Large, Rotterdam, Teamseite Deutsch, klares Wetter und geringer Ping gleichzeitig zu erfüllen. Wir müssen uns daher aktuell auf Benchmarks in der Einzelspieler-Kampagne beschränken – zumindest bis DICE Custom Server integriert. Wir können indes anhand Stichproben bekräftigen, dass die von DICE angegebenen Intel-CPUs für den Mehrspieler-Modus deutlich besser geeignet wären, als Empfehlungen würden wir einen Ryzen 7 1600(X) sowie Ryzen 7 2700(X) als Voraussetzung, beziehungsweise Empfehlung, ergänzen.

Mit in den Vorausetzungen angegenenen Grafikkarten ist Battlefield 5 in Full HD und mittleren Details spielbar – viel mehr allerdings nicht. Etwas flüssiger lässt sich mit niedrigen Details spielen, wir würden indes dazu raten, per Auflösungsskalierung die Renderauflösung etwas zu verringern und die Details auf mittlerer Stufe zu belassen. Ansonsten wirkt die dargebotene Optik arg kahl und grob, zudem stört aggressives Pop-Up. Die Prozessoren verrichten indes eine ordentliche Leistung, sowohl FX-8350 also auch Ryzen 3 1300X knacken verlässlich 60 Fps. Das Spiel lief sogar auf dem i3-4330, doch mit dem Dualcore neigt das Spiel zu starken periodischen Slowdowns.

Grafikkarten Detailskalierung (Grafiklimit)

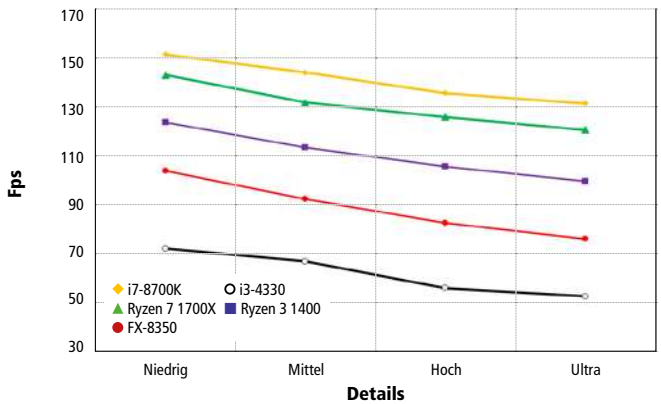
Benchmark „Tirailleur", 1.920 × 1.080



System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, RTX 2080 Ti/11G (~1.935 MHz), GTX 1070/8G (~1.898 MHz), RX 590/8G (~1.580 MHz) Vega 56 (~1.540 MHz), RTX 2070/8G (~1.935 MHz) Geforce 417.22 WHQL, RS 18.12.1.1; Windows 10 x 64 (1809) **Bemerkungen:** *mit 2x MSAA, **mit 4x MSAA

Prozessoren Detailskalierung (CPU-Limit)

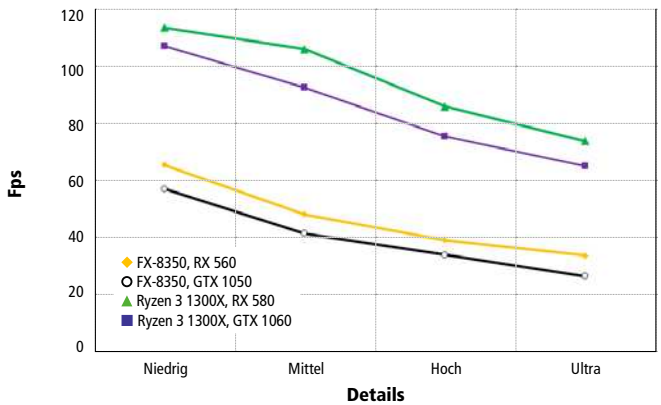
Benchmark „Trilladeur", 1.280 × 720 / 50 % Renderskalierung



System: FX-8350 (4,0-4,2 GHz), i3-4330 (3,5 GHz), Ryzen 7 1700X (3,4-3,8 GHz), Ryzen 5 1400 (3,2-3,4 GHz), i7-8700K (3,7-4,7 GHz) 2 × 8 GiByte RAM: DDR3-1600 (i3), DDR3-1866 (FX), DDR4-2667 (Ryzen, i7), RTX 2080 Ti/11G (~1.905 MHz), Geforce 417.22 WHQL; Win 10 x 64 (1809)

Performance mit Hersteller-Empfehlungen

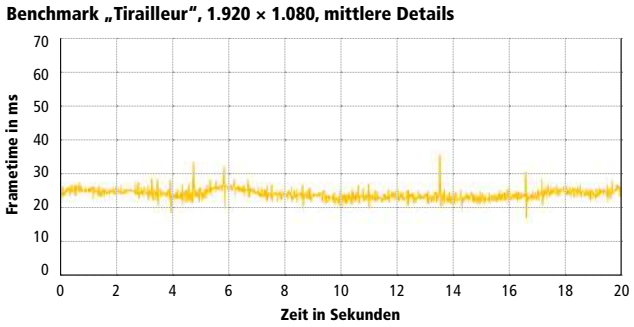
Benchmark „Trilladeur", 1.920 × 1.080



System: FX-8350 @ Stock (4,0-4,2 GHz), 8 GiByte DDR3-1866 RAM, Ryzen 3 1300X (3,4-3,7 GHz), 2 × 8 GiByte DDR4-2667 RAM, GTX 1050/2G (~1.632 MHz), RX 560/2G (~1.180 MHz); Geforce 417.22 WHQL, RS 18.12.1.1; Windows 10 x 64 (1809)

Battlefield 5 mit Mindestvoraussetzungen – FX 8350 und GTX 1050

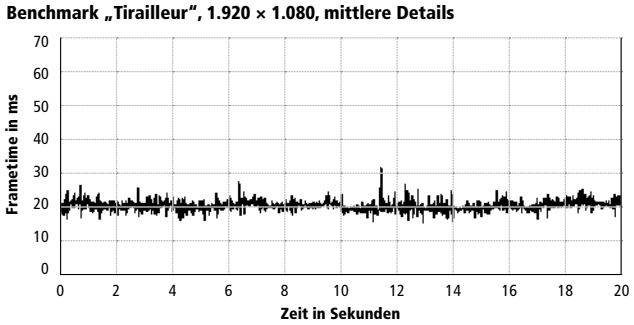
Zumindest im Einzelspieler-Modus ist die Performance mit dem betagten FX-Prozessor und der kleinen Mittelklasse-Geforce erstaunlich gut, mit rund 42 Fps aber nicht wirklich flüssig. Wir würden mittlere Details und eine leicht reduzierte Full-HD-Auflösung empfehlen.



System: FX-8350 @ Stock (4,0-4,2 GHz), 8 GiByte DDR3-1866 RAM, GTX 1050/2G (1.632 MHz), Geforce 417.22 WHQL, Windows 10 x64 (1809) **Bemerkungen: Frametimes, weniger und glatter ist besser!**

Battlefield 5 mit Mindestvoraussetzungen – FX 8350 und RX 560

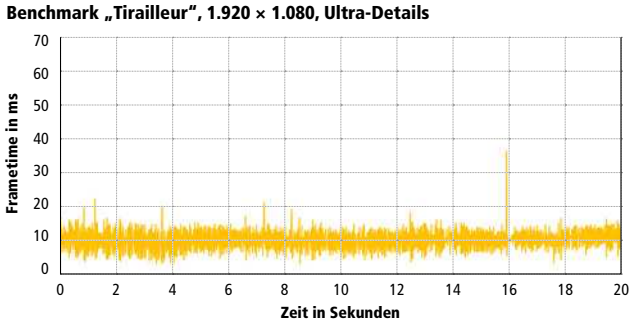
Mit der RX 560 läuft Battlefield 5 spürbar besser als mit der GTX 1050. Die Messwerte belegen der AMD-GPU aus dem Einsteigersegment einen Vorsprung von rund 17 Prozent. Die CPU lastet die AMD-GPU dabei gut aus, anders als beispielsweise in Assassin's Creed Odyssey.



System: FX-8350 @ Stock (4,0-4,2 GHz), 8 GiByte DDR3-1866 RAM, RX 560/2G (1.180 MHz), Geforce 417.22 WHQL, RS 18.12.1.1, Windows 10 x64 (1809) **Bemerkungen: Frametimes, weniger und glatter ist besser!**

Battlefield 5 mit empfohlener Hardware – Ryzen 3 1300X und GTX 970

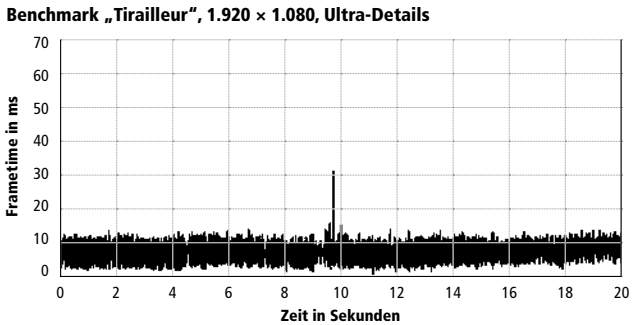
Der Einzelspieler-Modus funktioniert gut mit dem Ryzen-Vierkerner und liefert zusammen mit der GTX 970 gute 60 Fps bei Full HD und Ultra-Details. Für den Mehrspieler-Modus sollte der Prozessor aber zumindest über SMT verfügen, ein Ryzen 3 1400(X) wäre sinnvoller.



System: Ryzen 3 1300X (3,4-3,7 GHz), 2 × 8 GiByte DDR4-2667 RAM, GTX 970/3,5+0,5G (~1.316 MHz), Geforce 417.22 WHQL, Windows 10 x64 (1809) **Bemerkungen: Frametimes, weniger und glatter ist besser!**

Battlefield 5 mit empfohlener Hardware – Ryzen 3 1300X und GTX 970

Abermals liefert die RX 580 etwas bessere Bildraten als die vergleichbare GTX 1060, der Vorsprung beziffert sich aber auf kaum mehr als 10 Prozent. Auch hier würden wir für den Multiplayer eine zumindest etwas flinkere CPU mit zumindest 8 Threads empfehlen.



System: Ryzen 3 1300X (3,4-3,7 GHz), 2 × 8 GiByte DDR4-2667 RAM, RX 580/8G (~1.425 MHz); RS 18.12.1.1, Windows 10 x64 (1809) **Bemerkungen: Frametimes, weniger und glatter ist besser!**

Distant Worlds

music from

FINAL FANTASY®

AUFGEFÜHRT VOM BOHEMIAN SYMPHONY ORCHESTRA PRAGUE & BOHEMIAN CHOIR PRAGUE

DIRIGIERT VON ARNIE ROTH

14.02.2019	15.02.2019	16.02.2019
HAMBURG	BERLIN	DÜSSELDORF
BARCLAYCARD ARENA	TEMPODROM	MITSUBISHI ELECTRIC HALLE

RBK ENTERTAINMENT

CMG Computec Media Group

piranha

TICKETS UNTER: ADticket

© 2009, 2010 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved. CHARACTER DESIGN: TETSUYA NOMURA

Raytracing-Anforderungen

Nach einiger Wartezeit können stolze Besitzer Nvidias noch junger RTX-Grafikkarten-Reihe endlich Raytracing in Aktion erleben. Die Technik lässt Battlefield 5 mit schicken Spiegelungen erstrahlen. Doch es werden nicht nur die von Battlefield 5 standardmäßig genutzten Screen-Space-Reflections und Cube-Map-Spiegelungen ersetzt, tatsächlich kann Raytracing auf das gesamte Bild wirken. Dazu wird ermittelt, welche der auf physikalischen Eigenschaften basierende Materialien einer Szene über die nötige Glattheit verfügen. Der Fachbegriff für diese Eigenschaft einer physikbasierten Textur (auch „Material“) lautet „Roughness“ (Rauheit). Anhand dieser und der gewählten Detailstufe wird ermittelt, welche Materialien mit Raytracing verschönert werden. Je höher die gewählte DXR-Detailstufe, desto rauher dürfen die Oberflächen ausfallen. Das Material der Pfütze rechts im Bild ist etwa sehr glatt, die im Hintergrund von der Flamme mittels Raytracing angestrahlten Kisten haben indes eine deutlich geringere Glätte. Aufgrund der Rauheit der dunkelgrün lackierten Kisten ist die Spiegelung eher diffus und würde bei niedrigen DXR-Einstellungen verschwinden.

Für die Raytracing-Spiegelungen in Battlefield 5 ist primär die Anzahl der Raytracing-Cores der unterstützten RTX-Grafikkarten sowie die gewählte Detailstufe von Belang. Achtung: Mit der Auflösung steigt der Anspruch an die RT-Cores überproportional!

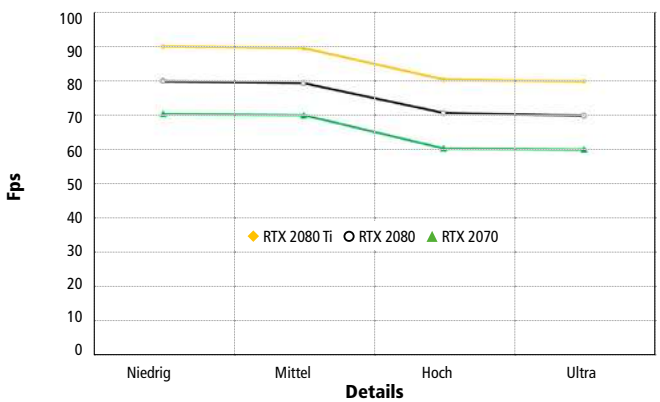
Abgesehen von den Detailstufen und der Roughness der in der Szene vorhandenen Materialien, die sehr unterschiedlich ausfallen können, was zu markanten Leistungsunterschieden von Szene zu Szene führen kann, ist auch die gewählte Auflösung von Belang. Denn diese beziffert indirekt, wie viele Rays die RTX-Grafikkarte verschießen muss. Bei niedriger DXR-Stufe entspricht dies 15 % der Pixel, bei Ultra-DXR-Details sind es 40 %. Da die Raytracing-Aspekte trotz dedizierter Hardware-Rechenwerke (RT-Cores) aktuell offensichtlich anspruchsvoller zu berechnen sind als der Rasterization-Teil der Hybrid-Grafik, fällt die Leistung bei zugeschalteten DXR-Reflexionen bei steigenden Auflösungen stärker ab als von regulären Spielen gewohnt.

Auch aus diesem Grund sind hohe Auflösungen in Kombination mit Raytracing aktuell nur begrenzt nutzbar. Zwar haben DICE und Nvidia seit unserem letzten Raytracing-Artikel in der Ausgabe 01/2019 an der Performance geschraubt und zum Teil sehr deutliche Leistungsverbesserungen einfließen lassen, doch bleiben die Anforderungen für Raytracing hoch. Doch können Sie nun wie von Nvidia empfohlen mit einer RTX 2070 mittlere Raytracing-Reflexionen bei Full HD und 60 Fps anpeilen. Wie sie in dem Skalierungsdiagramm links erkennen können, wäre die Raytracing-Leistung der RTX 2070 selbst mit Ultra-Details noch einigermaßen ausreichend, um eine befriedigende Performance zu erhalten. Wenn Sie niedrige DXR-Details anwählen, können Sie mit der RTX 2070 erfreulicherweise sogar WQHD ins Auge fassen. Doch wirklich überzeugend wirkt in dieser Auflösung nur die RTX 2080 Ti und selbst mit dieser müssen einige kleinere Detailabstriche gemacht werden oder eine schwankende Performance in Kauf genommen werden.

Weiter ist zu beachten, dass DXR Direct X 12 voraussetzt. Die Leistung unter dieser Schnittstelle wurde zwar verbessert, doch fallen die Bildraten noch immer deutlich niedriger aus als unter DX 11. Neben einer tendenziell potenteren Grafikkarte verlangt es der DX12-API außerdem nach mehr CPU-Power. Zudem stören hin und wieder merkliche Stocker den Spielgenuss. Es muss also weiter verbessert werden, aktuell erhöht DX12 die Hardware-Anforderungen selbst ohne Raytracing. *(pr)*

Battlefield 5: RTX-Skalierung

Benchmark „Tirailleur“, 1.920 × 1.080



System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, RTX 2080 Ti/11G (~1.935 MHz), RTX 2080 (~1.935 MHz), RTX 2070/8G (~1.965 MHz) Geforce 417.22 WHQL, Windows 10 x 64 (1809)
Bemerkungen: Die Skalierung mit der Raytracing-Last fällt bei den drei RTX-Karten sehr gleichmäßig aus.

Fazit

Anforderungen sollten klar sein!
Die getesteten Systemanforderungen passen zwar halbwegs, doch fallen sie allesamt eher schwammig oder gar verwirrend aus. Microsoft „vergisst“ AMD-CPUs, obwohl Forza Horizon 4 gut mit den getesteten Prozessoren funktioniert. Ubisoft listet sehr niedrige Grafikeinstellungen und Auflösungen, was nicht nötig wäre, hätte man eine GPU mit vollen 2 GiByte wie eine GTX 760 genannt. Bei Battlefield irritieren die Prozessor-Angaben. Wir wünschen uns für die Zukunft etwas mehr Transparenz!

SKILLER

SGH3

STEREO GAMING HEADSET

Sharkoon

EIN HEADSET, VIELE KLÄNGE

EXTERNAL **USB** SOUND CARD INCLUDED

INLINE CONTROLLER

MODULAR CABLE SYSTEM

- Professionelles Gaming Stereo Headset in geschlossener Bauweise
- Inklusive USB-Soundkarte SB1 mit Hardware-Equalizer und Software mit Surround-Effekten
- Exzellenter Tragekomfort und Klang durch gepolsterten Kopfbügel und weiche Ohrpolster (ohrumschließend) mit 53 mm Treiber
- Perfekt auch im mobilen Einsatz durch abnehmbares, flexibles Mikrofon und modulares Kabelsystem
- Inline-Controller mit Mikrofon-Stummschaltung
- Kompatibel zu PCs, Notebooks, Smartphones und Playstation 4 sowie Xbox One

WEITERE INFOS:

www.sharkoon.de

Overclocking-Wunder: GTX 1060 mit GDDR5X-RAM

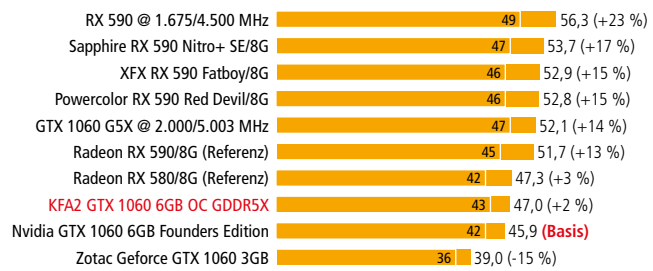
Nvidias Geforce GTX 1060 ist nun auch mit 6 GiByte schein-schnellem GDDR5X-Speicher erhältlich. Eine Antwort auf die Radeon RX 590 ist dieses Produkt jedoch keineswegs. PCGH klärt auf.

Vor einigen Wochen wurde sie noch als Konter der Radeon RX 590 gehandelt, doch mittlerweile ist klar, dass die Neuauflage der Geforce GTX 1060 einen anderen Zweck erfüllt: Resteverwertung. Was es damit auf sich hat und warum die Karte dennoch interessant ist, haben wir anhand eines Musters geprüft. Bei unserem Sample handelt es sich um die KFA2 Geforce GTX 1060 OC 6GB.

Wirft man einen Blick auf die Nvidia-Produktseite, findet man die gleichen zwei Modelle vor wie früher: 6 GB und 3 GB, jeweils mit 8 Gbps (8 Gigatransfers pro Sekunde) schnellem Speicher an einer 192-Bit-Schnittstelle und somit gleicher Transferrate. Der subtile Unterschied findet sich bei der Speicherkonfiguration: 6 GB GDDR5/X heißt es neuerdings – das für Spieler attraktive Modell wird folglich auch mit GDDR5X-RAM bestückt (zumindest von einigen Nvidia-Partnern). Das ändert nichts an der Rohleistung, die Frequenzen bleiben unangetastet. Das hat in Wahrheit größere Auswirkungen als es den Anschein erweckt, denn der für die originale GTX 1060 erschaffene GP106-Prozessor beherrscht den Umgang mit GDDR5X nicht. So kommt auf der neuen GTX 1060 6GB – einen eigenen Name-String im Treiber bekommt sie nicht – der GP104 zum Einsatz. Dieser wurde auf 10 Shader-Multiprozessoren gestutzt und auch die Speicherschnittstelle ist um 64 Bit ärmer. Auf dem Papier erzielen die alte und die neue Karte die gleichen Durchsatzraten. Ein offizielles Statement zum Zweck dieses kuriosen Produkts existiert nicht, allerdings eine wahrscheinliche Vermutung: Nvidia leert seine Lagerbestände an (teildefekten) GP104-Chips und GDDR5X-RAM. Letzterer kam ansonsten nur auf den GP102- und GTX-1080-Modellen zum Einsatz.

Geforce GTX 1060 gegen Radeon RX 500

Shadow of the Tomb Raider (FHD), max. Details, TAA – „Kuwaq Yaku"



System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (6C/12T), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64, Standard-AF **Bemerkungen:** Erwartungsgemäß kann sich die KFA2-Karte kaum von der GTX 1060 FE absetzen – dafür lässt sich ihr Speicher manuell stark übertakten.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Modell	GTX 1060 „G5X"	GTX 1060-9Gbps	GTX 1060 6GB	GTX 1060 3GB	RX 590
Grafikchip	GP104	GP106	GP106	GP106	Polaris 30 XT
Chipgröße (reiner Die)	314 mm²	200 mm²	200 mm²	200 mm²	232 mm²
Transistoren Grafikchip (Mio.)	7.200	4.400	4.400	4.400	5.700
Shader-/SIMD-/Textureinheiten	1.280/10/80	1.280/10/80	1.280/10/80	1.152/9/72	2.304/36/144
Raster-Endstufen (ROPs)	48	48	48	48	32
GPU-Basistakt (Megahertz)	1.506	1.506	1.506	1.506	1.469
GPU-Boost-Takt (Megahertz)	1.709	1.709	1.709	1.709	1.545
Rechenleistung FP32 (Mrd./s)	4.375	4.375	4.375	3.935	7.119
Durchsatz Pixel/Texel (Mrd./s)	54,7/136,7	54,7/136,6	54,7/136,6	49,2/123,0	49,4/222,5
Speichertyp	GDDR5X	GDDR5	GDDR5	GDDR5	GDDR5
Speicheranbindung (Bit)	192	192	192	192	256
Geschw. RAM (GT/s/MHz)	8,0/4.007	9,0/4.514	8,0/4.007	8,0/4.007	8,0/4.000
Speicherübertragung (GB/s)	192,3	216,7	192,3	192,3	256
Übliche Speichermenge (MiB)	6.144	6.144	6.144	3.072	8.192
Typische Leistungsaufnahme	<120 Watt	<120 Watt	<120 Watt	<120 Watt	<225 Watt
Bemerkungen: Angaben der Rechenleistung mit typischem Boost laut Hersteller.					

Gerätename	GeForce GTX 1060 3GB	GeForce GTX 1060 6GB	GeForce GTX 1060 6GB
GPU Codename	GP106	GP106	GP104
PCI Domain / Bus / Device	0 / 3 / 0	0 / 3 / 0	0 / 3 / 0
Taktrate	1708 MHz	1708 MHz	1733 MHz
Asynchronous Engines	2	2	2
Multiprozessor / Kerne	9 / 1152	10 / 1280	10 / 1280
L2 Cache	1536 KB	1536 KB	1536 KB
Max Threads Per Multiprocessor	2048	2048	2048
Max Threads Per Block	1024	1024	1024

Links haben wir die Daten aller relevanten Grafikkarten für Sie aufbereitet. Das Informationstool AIDA64 bestätigt, dass Nvidia aus dem GP104 durch gezielte Einschnitte einen GP106-Imitator gemacht hat, begünstigt durch das übereinstimmende Hardware-Layout der Pascal-Chips. Die KFA2 GTX 1060 OC 6GB ist erwartungsgemäß pro Takt genauso schnell wie die alte GTX 1060 6GB, das haben wir mit Spielen und synthetischen Benchmarks überprüft. Der kleine Vorteil im Benchmark ergibt sich allein durch die sanfte werkseitige Übertaktung. Was den Speicher angeht, handelt es sich hingegen um eine deutliche Untertaktung – die installierten Micron-Speicherbausteine sind für 5.000 MHz (10 GT/s) freigegeben. Unser Sample stemmt diese Frequenz (+25 %) aus dem Stand; mehr ist selbst via Nvidia Inspector nicht einstellbar. Somit ist die neue GTX 1060 6GB (nur) für Übertakter spannend. *(rv)*

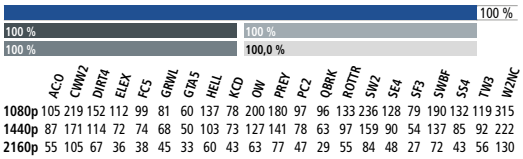
GPU-Leistungsindex

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**

■ Gesamtindex ■ FHD ■ WQHD ■ UHD ■ Anwendungen | Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

Geforce RTX 2080 Ti

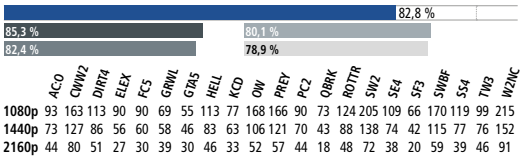
Takt: 1,65+/7,0 GHz
RAM: 11 GiB GDDR6
Preis: Ca. 1.260 € (±0 €)
PLV: 37,1 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	105	219	152	112	99	81	60	137	78	200	180	97	96	133	236	128	79	190	132	119	215
1440p	87	171	114	72	74	68	50	103	73	127	141	78	63	97	159	90	54	137	85	92	222
2160p	55	105	67	36	38	45	33	60	43	63	77	47	29	55	84	48	27	72	43	56	130

Nvidia Titan Xp (CE)

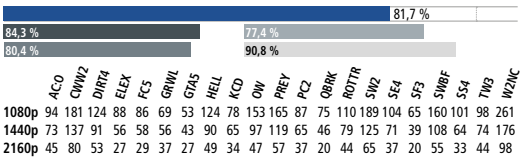
Takt: 1,60+/5,7 GHz
RAM: 12 GiB GDDR5X
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	93	163	113	90	90	69	55	113	77	168	166	90	73	124	205	109	66	170	119	99	215
1440p	73	127	86	56	60	58	46	83	63	106	121	70	43	88	138	74	42	115	77	76	152
2160p	44	80	51	27	30	39	30	46	33	52	57	44	18	48	72	38	20	59	39	46	91

Geforce RTX 2080

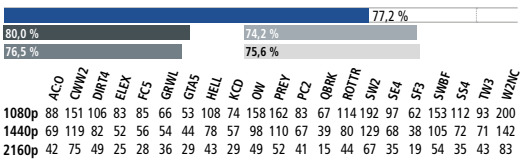
Takt: 1,80+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 850 € (±0 €)
PLV: 45,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	94	181	124	88	86	69	53	124	78	153	165	87	75	110	189	104	65	160	101	98	261
1440p	73	137	91	56	58	56	43	90	65	97	119	65	46	79	125	71	39	108	64	74	176
2160p	45	80	53	27	29	37	27	49	34	47	57	37	20	44	65	37	20	55	33	44	98

Geforce GTX 1080 Ti

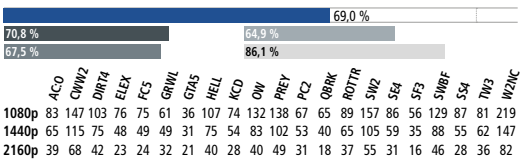
Takt: 1,65+/5,5 GHz
RAM: 11 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 800 € (+40 €)
PLV: 45,2 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	88	151	106	83	85	66	53	108	74	158	162	83	67	114	192	97	62	153	112	93	200
1440p	69	119	82	52	56	54	44	78	57	98	110	67	39	80	129	68	38	105	72	71	142
2160p	42	75	49	25	28	36	29	43	29	49	52	41	15	44	67	35	19	54	35	43	83

Geforce RTX 2070

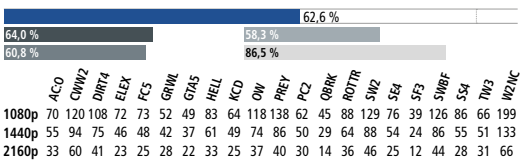
Takt: 1,83+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 630 € (±0 €)
PLV: 51,3 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	83	147	103	76	75	61	36	107	74	132	138	67	65	89	157	86	56	129	87	81	219
1440p	65	115	75	48	49	49	31	75	54	83	102	53	40	65	105	59	35	88	55	62	147
2160p	39	68	42	23	24	32	21	40	28	40	49	31	18	37	55	31	16	46	28	36	82

Radeon RX Vega 64 LCE

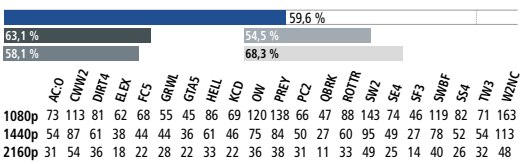
Takt: 1,53+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	70	120	108	72	73	52	49	83	64	118	138	62	45	88	129	76	39	126	86	66	199
1440p	55	94	75	46	48	42	37	61	49	74	86	50	29	64	88	54	24	86	55	51	133
2160p	33	60	41	23	25	28	22	33	25	37	40	30	14	36	46	25	12	44	28	31	66

Geforce GTX 1080

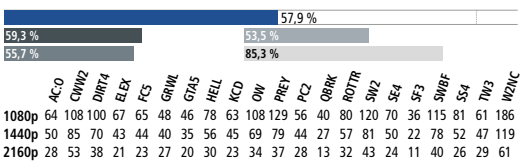
Takt: 1,63+/5,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 570 € (+40 €)
PLV: 49,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	73	113	81	62	68	55	45	86	69	120	138	66	47	88	143	74	46	119	82	71	163
1440p	54	87	61	38	44	44	36	61	46	75	84	50	27	60	95	49	27	78	52	54	113
2160p	31	54	36	18	22	28	22	33	22	36	38	31	11	33	49	25	14	40	26	32	48

Radeon RX Vega 64 Air

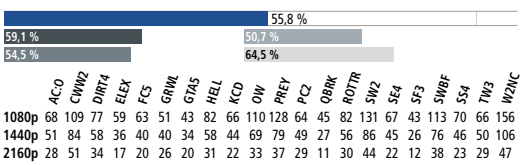
Takt: 1,34+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 460 € (-10 €)
PLV: 59,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	64	108	100	67	65	48	46	78	63	108	129	56	40	80	120	70	36	115	81	61	186
1440p	50	85	70	43	44	40	35	56	45	69	79	44	27	57	81	50	22	78	52	47	119
2160p	28	53	38	21	23	27	20	30	23	34	37	28	13	32	43	24	11	40	26	29	61

Geforce GTX 1070 Ti

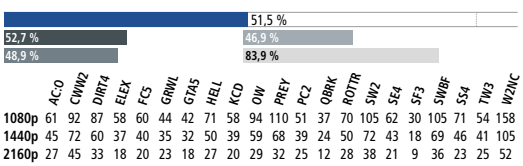
Takt: 1,72+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 440 € (+40 €)
PLV: 59,4 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	68	109	77	59	63	51	43	82	66	110	128	64	45	82	131	67	43	113	70	66	156
1440p	51	84	58	36	40	40	34	58	44	69	79	49	27	56	86	45	26	76	46	50	106
2160p	28	51	34	17	20	26	20	31	22	33	37	29	11	30	44	22	12	38	23	29	47

Radeon RX Vega 56

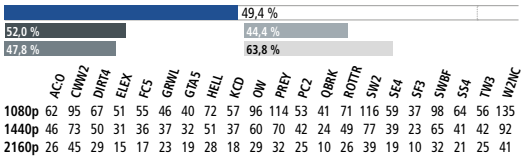
Takt: 1,21+/0,8 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 370 € (-30 €)
PLV: 65,2 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	61	92	87	58	60	44	42	71	58	94	110	51	37	70	105	62	30	105	71	54	158
1440p	45	72	60	37	40	35	32	50	39	59	68	39	24	50	72	43	18	69	46	41	105
2160p	27	45	33	18	20	23	18	27	20	29	32	25	12	28	38	21	9	36	23	25	52

Geforce GTX 1070

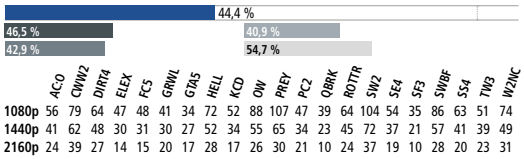
Takt: 1,60+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 340 € (-50 €)
PLV: 68,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	62	95	67	51	55	46	40	72	57	96	114	53	41	71	116	59	37	98	64	56	135
1440p	46	73	50	31	36	37	32	51	37	60	70	42	24	49	77	39	23	65	41	42	92
2160p	26	45	29	15	17	23	19	28	18	29	32	25	10	26	39	19	10	32	21	25	41

Geforce GTX 980 Ti

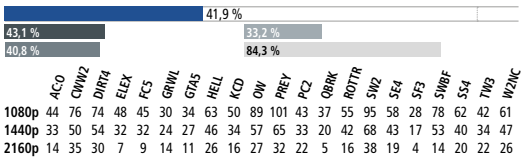
Takt: 1,04+/3,5 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	56	79	64	47	48	41	34	72	52	88	107	47	39	64	104	54	35	86	63	51	74
1440p	41	62	48	30	31	30	27	52	34	55	65	34	23	45	72	37	21	57	41	39	49
2160p	24	39	27	14	15	20	17	28	17	26	30	21	10	24	37	19	10	28	20	23	31

Radeon R9 Fury X

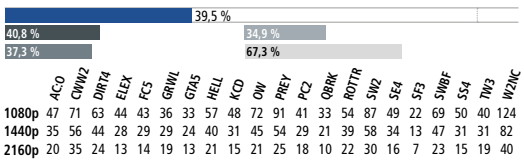
Takt: 1,05/0,5 GHz
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	44	76	74	48	45	30	34	63	50	89	101	43	37	55	95	58	28	78	62	42	61
1440p	33	50	54	32	32	24	27	46	34	57	65	33	20	42	68	43	17	53	40	34	47
2160p	14	35	30	7	9	14	11	26	16	27	32	22	5	16	38	19	4	14	20	22	26

Radeon RX 590/8G

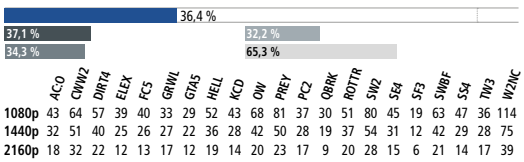
Takt: 1,55/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 260 € (±0 €)
PLV: 71,1 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	47	71	63	44	43	36	33	57	48	72	91	41	33	54	87	49	22	69	50	40	124
1440p	35	56	44	28	29	29	24	40	31	45	54	29	21	39	58	34	13	47	31	31	82
2160p	20	35	24	13	14	19	13	21	15	21	25	18	10	22	30	16	7	23	15	19	40

Radeon RX 580/8G

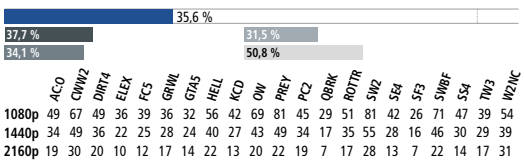
Takt: 1,34/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 210 € (+10 €)
PLV: 81,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	43	64	57	39	40	33	29	52	43	68	81	37	30	51	80	45	19	63	47	36	114
1440p	32	51	40	25	26	27	22	36	28	42	50	28	19	37	54	31	12	42	29	28	75
2160p	18	32	22	12	13	17	12	19	14	20	23	17	9	20	28	15	6	21	14	17	39

Geforce GTX 1060/6G

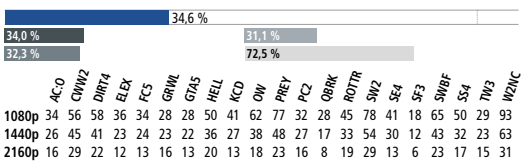
Takt: 1,70+/4,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 220 € (-10 €)
PLV: 75,8 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	49	67	49	36	39	36	32	56	42	69	81	45	29	51	81	42	26	71	47	39	54
1440p	34	49	36	22	25	28	24	40	27	43	49	34	17	35	55	28	16	46	30	29	39
2160p	19	30	20	10	12	17	14	22	13	20	22	19	7	17	28	13	7	22	14	17	31

Radeon R9 390

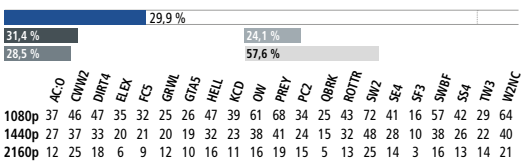
Takt: 1,0/3,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	37	56	58	36	34	28	28	50	41	62	77	32	28	45	78	41	18	65	50	29	93
1440p	26	45	41	23	24	23	22	36	27	38	48	27	17	33	54	30	12	43	32	23	63
2160p	16	29	22	12	13	16	13	20	13	18	23	16	8	19	29	13	6	23	17	15	31

Radeon RX 570/4G

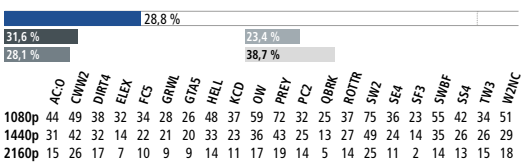
Takt: 1,25/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 140 € (-10 €)
PLV: 100,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	37	46	47	35	32	25	26	47	39	61	68	34	25	43	72	41	16	57	42	29	64
1440p	27	37	33	20	21	20	19	32	23	38	41	24	15	32	48	28	10	38	26	22	40
2160p	12	25	18	6	9	12	10	16	11	16	19	15	5	13	25	14	3	16	13	14	21

Geforce GTX 970

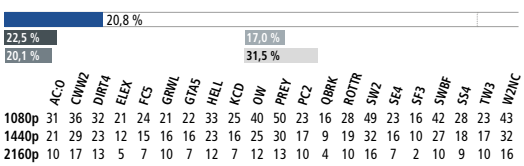
Takt: 1,14+/3,5 GHz
RAM: 3,5+0,5 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	44	49	38	32	34	28	26	48	37	59	72	32	25	37	75	36	23	55	42	34	51
1440p	31	42	32	14	22	21	20	33	23	36	43	25	13	27	49	24	14	35	26	26	29
2160p	15	26	17	7	10	9	9	14	11	17	19	14	5	14	25	11	2	14	13	15	18

Geforce GTX 1050 Ti

Takt: 1,60+/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 160 € (+20 €)
PLV: 74,5 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	31	36	32	21	24	21	22	33	25	40	50	23	16	28	49	23	16	42	28	23	43
1440p	21	29	23	12	15	16	16	23	16	25	30	17	9	19	32	16	10	27	18	17	32
2160p	10	17	13	5	7	10	7	12	7	12	13	10	4	10	16	7	2	10	9	10	16

System: Core i7-6800K (6C/12T) @ 4,4 GHz (LLC: 3,6 GHz), MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiB Corsair DDR4-3000 (1T); Windows 10 (v1803, x64); anisotroper Filter auf Standard („Qualität"); Vsync aus. Klammer: Preisentwicklung ggü. Vormonat **Spiele-/Anwendungsnamen:** ACO: Assassin's Creed Origins, CWW2: Call of Duty WW2, Dirt 4, Elex, FC5: Far Cry 5, GRWL: Ghost Recon Wildlands, GTA5: Grand Theft Auto 5, HELL: Hellblade, KCD: Kingdom Come Deliverance, OW: Overwatch, Prey, PC2: Project Cars 2, QBRK: Quantum Break, ROTTR: Rise of the Tomb Raider, SW2: Shadow Warrior 2, SE4: Sniper Elite 4, SF3: Spellforce 3, SWBF2: Star Wars Battlefront 2, SS4: Sudden Strike 4, TW3: The Witcher 3, W2NC: Wolfenstein 2. Angabe auf die nächste Ganzzahl gerundeter Fps. **Referenzkarten/Founders-Editionen unter sich. Die Anwendungsleistung fließt zu 1/22 (~4,55 %) nur in den blauen Gesamtindex ein.**

*Capture One 11 (MPixx), 2080 Ti (36,5), TXp (28,8), 2080 (33,2), 1080 Ti (27,6), 2070 (31,4), V64 LCE (31,6), 1080 (24,9), V64 (31,2), 1070 Ti (23,6), V56 (30,6), 1070 (23,3), 980 Ti (20,0), Fury X (30,8), RX 590 (24,6), RX 580 (23,9), 1060 6GB (18,5), GTX 980 (16,7), R9 390 (26,5), RX 570 (21,0), 970 (14,2), 1050 Ti (11,5)

Neues Jahr, neue GPU!

Die Feiertage sind anstrengend. Neben Bergen an Essen und Trinken gilt es, in virtuellen Schlachten den Feind zu vernichten. Tritt dabei Ruckeln auf, hilft womöglich eine Geforce RTX 2080.

In der vergangenen Ausgabe fühlten wir den Herstellerdesigns der Geforce RTX 2080 Ti auf den Kühler, nun ist die nächstkleinere Variante an der Reihe. Zehn unterschiedliche Designs haben den Weg ins Testlabor gefunden. Lohnt sich die Wahl eines hochpreisigen Modells oder tut es auch ein günstiges? Das und mehr erfahren Sie auf den folgenden elf Seiten.

RTX 2080: Einordnung

Die Geforce RTX 2080 wird mit einem wesentlich freundlicheren Preisschild versehen als ihre große Schwester, erzielt jedoch eine fühlbar geringere Leistung von rund 18 Prozent. Wer in den feinen Auflösungen WQHD oder Ultra HD spielt, sieht sich gar mit einem mittleren Leistungsdefizit von 22 Prozent konfrontiert. Dennoch ist die RTX 2080 eine sehr starke Grafikkarte, welche die beliebte GTX 1080 Ti knapp schlagen kann. Letztere ist völlig vom Markt verschwunden, sodass Neukäufer automatisch zum neuen RTX-Modell getrieben werden.

Das hat für Sie als Interessenten nicht nur Vorteile. Zwar arbeitet Nvidias neue Turing-Architektur effizient und steht im Mittelpunkt der Treiberentwicklung, sodass weitere Leistungssprünge zu erwarten sind, hat im Falle RTX 2080 vs. GTX 1080 Ti jedoch einen Nachteil: Die Speicherkapazität beträgt nur 8 GiByte. Das mag für 99,9 Prozent der aktuellen Spiele ausreichend bis überdimensioniert sein, dennoch wird die Zukunftsfähigkeit der RTX 2080 dadurch eingeschränkt. Grafikkarten mit 8 GiByte wurden erstmals 2014 verfügbar, nun haben wir 2019 – eine Ewigkeit in der schnelllebigen IT-Branche.

Nvidias Entscheidung führt zu einem kuriosen Bild am Markt: 8 GiByte finden sich sowohl bei 170-Euro-Modellen wie der Radeon RX 570 (PCGH-Leistungsindex: circa 30 %) als auch bei der RTX 2080 (Index: 81,7 %). Setzt man die

Artikel-PDF auf Heft-DVD

Auf dem Datenträger der DVD-Heftversion finden Sie den vorhergehenden Artikel aus der PCGH 01/2019 als PDF-Datei. Dieser befasst sich mit den Herstellerdesigns auf Basis der Geforce RTX 2080 Ti und liefert weitere Informationen, auch zur Testmethodik.

Folgende 10 Produkte finden Sie im Test

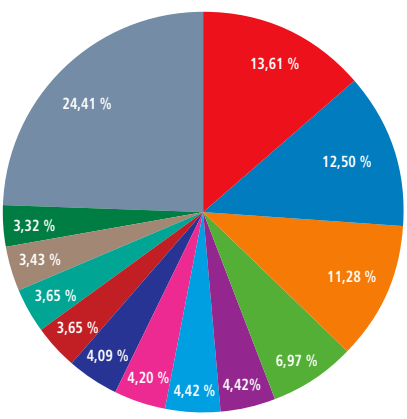
- **Asus RTX 2080 Turbo 8G**
- **Asus RTX 2080 Dual O8G**
- **Asus RTX 2080 ROG Strix O8G**
- **Gainward RTX 2080 Phantom GLH**
- **Gigabyte RTX 2080 Gaming OC**
- **MSI RTX 2080 Duke 8G OC**
- **Nvidia RTX 2080 Founders Edition**
- **Palit RTX 2080 Gaming Pro OC**
- **Palit RTX 2080 Game Rock Premium**
- **Zotac RTX 2080 AMP**

Kapazität in Relation zur Rechenleistung und somit den qualitativen Möglichkeiten, wird deutlich, welches Modell zuerst an den Folgen von Speicherknappheit leiden wird. Zwar hilft bei RAM-Mangel stets die Reduktion der Textur- und Schattendetails, allerdings dürfte die Toleranz dafür nach dem Kauf einer Grafikkarte des Preisbereichs 700 bis 900 Euro gering sein. Die Geforce GTX 1080 Ti (und die RTX 2080 Ti) hat dieses Problem zu keiner Zeit, sie ist dank 11 GiByte mehr als ausreichend bestückt. Beachten Sie dieses Detail bei Ihrer Kaufentscheidung. Alle weiteren Features sprechen derweil für eine Turing-GPU.

Titan RTX ändert nix

Aus der begründeten Vorahnung wurde Realität: Nvidia hat nach Beendigung der vorherigen Ausgabe eine neue Titan-Grafikkarte veröffentlicht (siehe Seite 52/53). Diese wirkt sich jedoch nicht auf unsere Noten aus, da sie preislich völlig außer Konkurrenz läuft und daher das Bild verzerren würde. Da Nvidia keine Muster der 2.700-Euro-Grafikkarte herausgibt, steht ein PCGH-Test noch in den Sternen. Wer sich als Spieler für eine Titan RTX interessiert, kann von einem mittleren Leistungsplus im 15-Prozent-Bereich gegenüber der Geforce RTX 2080 Ti Founders Edition ausgehen.

Welche Grafikkarte nutzen Sie zum Spielen?



- Geforce GTX 1080 Ti 13,61
- Geforce GTX 1070 12,50
- Geforce GTX 1080 11,28
- Radeon RX Vega 64 Air 6,97
- Radeon RX Vega 56 4,42
- Radeon RX 580 4,42
- Geforce RTX 2080 Ti 4,20
- Geforce RTX 2080 4,09
- Geforce GTX 1070 Ti 3,65
- Geforce GTX 1060 3,65
- Geforce GTX 970 3,43
- Geforce GTX 980 Ti 3,32
- Sonstige GPU (je <3 %) 24,41

Teilnehmer:
904 Teilnehmern auf www.pcgh.de.

Für die meisten PCGH-Leser stellt die Geforce RTX 2080 ein attraktives Aufrüstziel dar – rund 4 Prozent besitzen sie schon.

Am Rande: Turing-Zwang

Auch in tieferen Preisbereichen findet Bewegung statt. Die Pascal-Bestände nehmen kontinuierlich ab, was zu höheren Preisen unter anderem bei der Geforce GTX 1070 Ti führt. Letztere war bis zuletzt preislich attraktiv, nähert sich aber nun der 500-Euro-Marke und disqualifiziert sich daher für einen Neukauf. Somit führen alle Wege zur Geforce RTX 2070, welche in den vergangenen Wochen etwas günstiger wurde und zu vergleichbaren Preisen unter 500 Euro erhältlich ist – siehe auch Seite 120. Das ist keine schlechte Entwicklung, denn die RTX 2070 vereint modernste Features mit Leistung auf dem Niveau einer übertakteten GTX 1080. Damit Sie zum richtigen Modell greifen, vergleichen wir in der nächsten Ausgabe alle greifbaren Herstellerdesigns.

Status quo: Turing-Treiber

Die Treiber-Updates der letzten Monate brachten einige Verbesserungen für Turing-Chips, allen voran eine reduzierte Leistungsaufnahme im Desktopbetrieb. Zwei Turing-Probleme, welche PC Games Hardware Nvidia mehrfach

Aktuelle Übersicht: Herstellerdesigns auf Basis der Geforce RTX 2080 (rot = in diesem Artikel getestet)

Hersteller	Grafikkarte	Basistakt (MHz)	Boost-Takt (MHz)	Speichertakt (MHz)	Kühlsystem	Strombuchsen	Powerlimit ab Werk	Max. Powerlimit (in OC-Tools)
Nvidia	RTX 2080 Founders Edition	1.515	1.800	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	225 Watt	280 Watt
Asus	RTX 2080 Dual 8G	1.515	1.710 (1.730)	7.000	3 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Asus	RTX 2080 Dual A8G	1.515	1.725 (1.755)	7.000	3 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Asus	RTX 2080 Dual O8G	1.515	1.800 (1.830)	7.000	3 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	225 Watt	270 Watt
Asus	RTX 2080 Strix 8G Gaming	1.515	1.710 (1.740)	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Asus	RTX 2080 Strix A8G Gaming	1.515	1.740 (1.770)	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Asus	RTX 2080 Strix O8G Gaming	1.515	1.860 (1.890)	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	245 Watt	307 Watt
Asus	RTX 2080 Turbo 8G	1.515	1.710 (1.740)	7.000	2 Slots, 1 Radial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	215 Watt	258 Watt
EVGA	RTX 2080 XC Black Edition Gaming	1.515	1.740	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
EVGA	RTX 2080 XC Gaming	1.515	1.800	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
EVGA	RTX 2080 XC Ultra Gaming	1.515	1.815	7.000	3 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
EVGA	RTX 2080 FTW3 Ultra Gaming	1.515	Unbekannt	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Gainward	RTX 2080 Phoenix	1.515	1.740	7.000	2 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Gainward	RTX 2080 Phoenix GS	1.515	1.815	7.000	2 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Gainward	RTX 2080 Phantom GLH	1.515	1.875	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	245 Watt	320 Watt*
Gigabyte	RTX 2080 Aorus Xtreme	1.515	1.890	7.072	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	275 Watt	350 Watt
Gigabyte	RTX 2080 Gaming OC 8G	1.515	1.815 (1.830)	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	225 Watt	245 Watt
Gigabyte	RTX 2080 Windforce OC 8G	1.515	1.785 (1.800)	7.000	2 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	225 Watt	245 Watt
Inno 3D	RTX 2080 X2 OC	1.515	Unbekannt	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Inno 3D	RTX 2080 Gaming OC X3	1.515	Unbekannt	7.000	2 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Inno 3D	RTX 2080 Jet	1.515	Unbekannt	7.000	2 Slots, 1 Radial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
KFA2	RTX 2080	1.515	1.710	7.000	2 Slots, 1 Radial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
KFA2	RTX 2080 OC	1.515	1.785	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
MSI	RTX 2080 Aero 8G	1.515	1.710	7.000	2 Slots, 1 Radial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	215 Watt	Unbekannt
MSI	RTX 2080 Ventus 8G	1.515	1.710	7.000	2,5 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	215 Watt	Unbekannt
MSI	RTX 2080 Ventus 8G OC	1.515	1.800	7.000	2,5 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	225 Watt	Vmtl. 280 Watt
MSI	RTX 2080 Duke 8G	1.515	1.710	7.000	2,5 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	245 Watt	Vmtl. 256 Watt
MSI	RTX 2080 Duke 8G OCV1	1.515	1.800	7.000	2,5 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	245 Watt	Vmtl. 256 Watt
MSI	RTX 2080 Duke 8G OC	1.515	1.845	7.000	2,5 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	245 Watt	256 Watt
MSI	RTX 2080 Gaming Trio	1.515	1.800	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	260 Watt	Vmtl. 285 Watt
MSI	RTX 2080 Gaming X Trio	1.515	1.860	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	260 Watt	285 Watt
MSI	RTX 2080 Sea Hawk X	1.515	1.860	7.000	AiO-Wakü, 2 Slots, 1 Radial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	245 Watt	Unbekannt
MSI	RTX 2080 Sea Hawk EK X	1.515	1.860	7.000	Fullcover-Waküblock	2 × 8-Pol	260 Watt	Unbekannt
Palit	RTX 2080 Gaming Pro	1.515	1.740	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	225 Watt	255 Watt
Palit	RTX 2080 Gaming Pro OC	1.515	1.815	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	225 Watt	255 Watt
Palit	RTX 2080 Super Jetstream	1.515	1.860	7.000	3 Slots, 2 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	245 Watt	275 Watt
Palit	RTX 2080 Game Rock Premium	1.515	1.875	7.000	3 Slots, 2 Axial-Lüfter	2 × 8-Pol	245 Watt	320 Watt*
PNY	RTX 2080 XLR8 Gaming OC Twin Fan	1.515	1.710	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
PNY	RTX 2080 XLR8 Gaming OC Triple Fan	1.515	Unbekannt	7.000	2 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
PNY	RTX 2080 Blower	1.515	1.710	7.000	2 Slots, 1 Radial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Zotac	RTX 2080 Twin Fan	1.515	1.710	7.000	2 Slots, 2 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt
Zotac	RTX 2080 AMP	1.515	1.830	7.000	3 Slots, 3 Axial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	225 Watt	250 Watt
Zotac	RTX 2080 Blower	1.515	1.710	7.000	2 Slots, 1 Radial-Lüfter	1 × 8-, 1 × 6-Pol	Unbekannt	Unbekannt

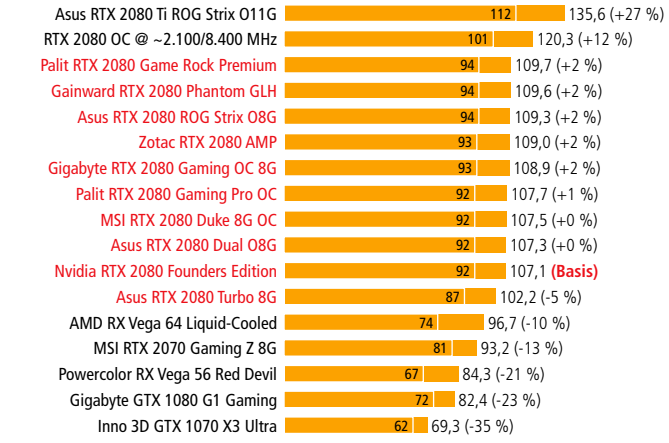
Bemerkungen: Angaben teilweise von den Herstellern, teilweise anhand vorliegender Samples. Boost-Takt in Klammern: Hierfür muss das herstellereigene OC-Tool installiert werden
*Mit aktuellem BIOS von der Herstellerwebsite, sonst maximal 275 Watt; BIOS 2: 215 Watt Standard und 240 Watt Maximum (111 %)

zur Prüfung vorlegte, sind bis heute jedoch nicht behoben worden: die Grafikfehler in Sudden Strike 4 und die schwache Turing-Leistung in GTA 5 mit aktuellen Treibern. Während es keine Neuigkeiten bezüglich des Strategiespiels mit Unity-Engine gibt, bahnt sich bei Rockstars Evergreen eine Lösung an. Das Problem, welches mit Treibern neuer als Version 411.70 auftritt, lässt sich auf ein verändertes Applikationsprofil zurückführen. Wird dieses bei aktuellen Treibern entsprechend modifiziert, steigt die Leistung bei einer Stichprobe. Beachten Sie bitte, dass die Werte der Geforce RTX 2080 und Ti im PCGH-Leistungsindex noch mit einem 411er-Treiber ermittelt wurden. Die RTX 2070 ist zwingend auf eine neuere Version angewiesen und erzielt daher in GTA 5 (und somit im Gesamtindex) schwächere Resultate als möglich. Mit etwas Glück beseitigt Nvidia das Problem mit dem ersten 2019er-Release. PC Games Hardware bleibt selbstverständlich am Ball. Nun aber zurück zum Thema dieses Artikels.

10 × Geforce RTX 2080 im Vergleich: Hohe Gaming-Leistung zwischen 700 und 900 Euro. Beginnen wir mit der Ausnahme innerhalb des Testfelds: Asus' RTX 2080 Turbo 8G. Dieses Modell, welches wir aus dem Handel bezogen haben, ist in mehreren Disziplinen speziell. Das fängt bei der Marktplatzierung an: Es handelt sich um ein Spardesign ohne Übertaktung und mit schwacher Kühlung, um einen Preispunkt um 700 Euro zu erreichen. Derar-

Geforce RTX 2080: Leistung der Partnerkarten

Battlefield 5 (DX11), WQHD, maximale Details – „Tirailleur"

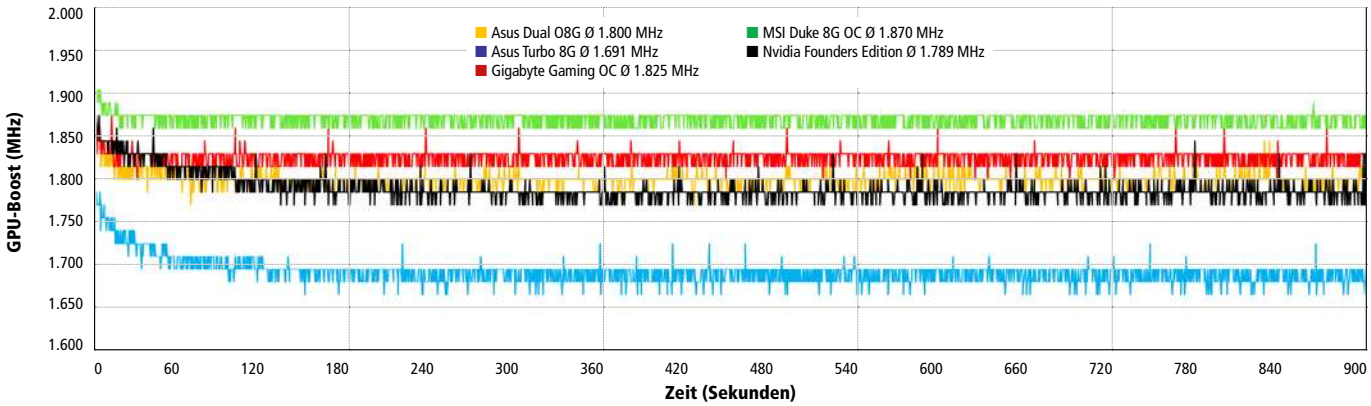


System: Core i7-6800K (6C/12T) @ 4,4 GHz, X99, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 (Quad-Channel; 1T); Windows 10 x64, Gef. 417.22 WHQL, RS 18.12.2, Standard-AF
Bemerkungen: „Future Frame Rendering" AN, „Speicherbegrenzung" AUS

P99 Ø Fps
▶ Besser

Taktverlauf #1

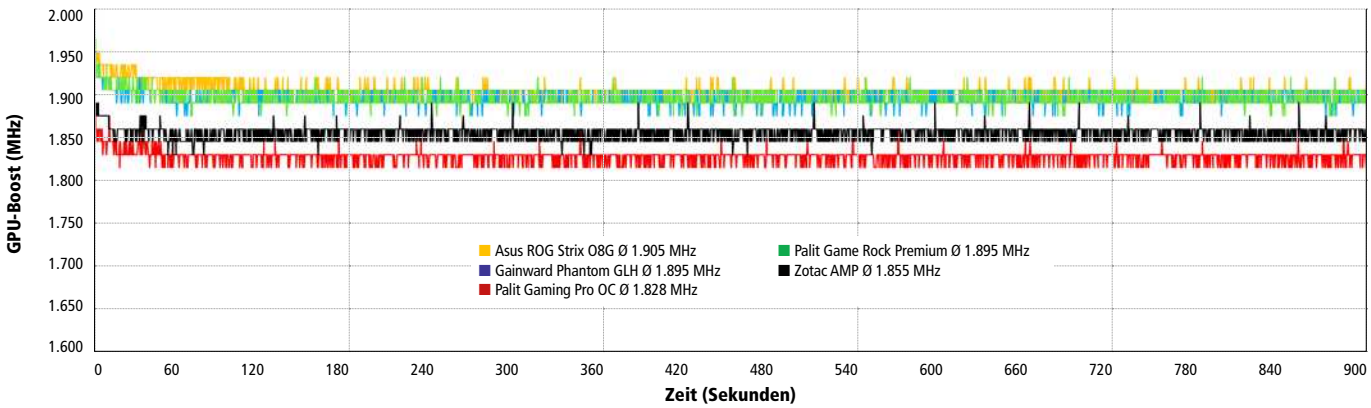
Geforce RTX 2080: Taktverläufe in Anno 2070 (15 Minuten, Ultra HD)



System: Core i7-6800K (6C/12T) @ 4,4 GHz, MSI X99 Tomahawk, 4 × 8 GiByte Corsair DDR4-3000 (Quad-Channel; 1T); Windows 10 x64, Geforce 417.22 WHQL, Standard-AF **Bemerkungen:** Die MSI Duke verfügt über das höchste Powerlimit der oben abgebildeten Karten (245 Watt), daher hält sie den höchsten Boost. Die Asus Turbo wird nicht nur von ihrer 215-Watt-TDP, sondern vor allem von ihrem schwachen Kühler ausgebremst.

Taktverlauf #2

Geforce RTX 2080: Taktverläufe in Anno 2070 (15 Minuten, Ultra HD)



System: Core i7-6800K (6C/12T) @ 4,4 GHz, MSI X99 Tomahawk, 4 × 8 GiByte Corsair DDR4-3000 (Quad-Channel; 1T); Windows 10 x64, Geforce 417.22 WHQL, Standard-AF **Bemerkungen:** Asus, Gainward und Palit arbeiten mit 245 Watt sowie starker Kühlung und erzielen daher die besten Resultate. Zotac holt indessen das Beste aus 225 Watt heraus, während die Palit Gaming Pro OC das Niveau der Gigabyte-Karte (Verlauf oben) erreicht.

Asus ROG Strix O8G

Asus' Triple-Slot-Karte ist die vielseitigste im Test. Sie verfügt nicht nur über ein zweites BIOS, das Wert auf ein geringes Betriebsgeräusch legt, sondern auch über einen Knopf, um die LED-Beleuchtung abzuschalten.

Asus Dual O8G

Gehobene Mittelklasse: Wem die Strix zu lang oder teuer ist, erhält mit der Dual eine Karte oberhalb der Nvidia Founders Edition. Der starke Triple-Slot-Kühler agiert stets leise und hat Luft für manuelles Tuning.

Asus Turbo 8G

Sie suchen eine RTX 2080, die ihre Wärme nicht im Gehäuse verteilt? Sie stellen diesen Wunsch über die Leistung und Lautheit? Dann, aber nur dann, greifen Sie zu diesem verhältnismäßig günstigen Modell.

Gigabyte Gaming OC

Wie bei der RTX 2080 Ti (PCGH 01/2019) liefert Gigabyte auch eine Nummer kleiner das optimale Paket aus überdurchschnittlicher Leistung und unterdurchschnittlicher Lautheit – gelungene „Vernunftkarte".

Gainward Phantom GLH

Gainward und Palit gehören zusammen, das merkt man bei den jeweiligen Topmodellen. Die Phantom GLH verliert das Duell gegen die Game Rock Premium aufgrund höherer Lautheit. Praktisch: das Dual-BIOS.

Palit Game Rock Premium

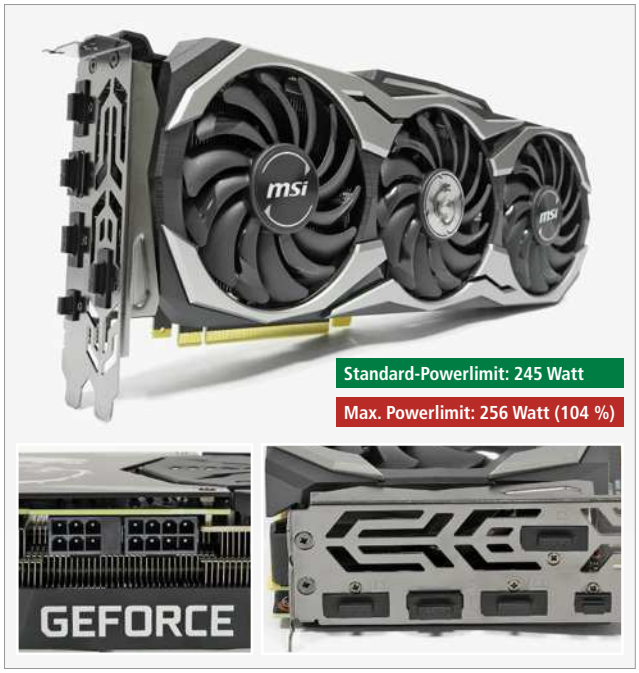
Die Basis bilden das gleiche überbreite PCB und der gleiche Kühlblock wie bei Gainward. Die Lüfter machen den Unterschied – die Game Rock arbeitet bei gleicher Leistung noch etwas leiser als die Phantom.

Palit Gaming Pro OC

Ein weiteres Vernunftdesign: Anstelle klobiger Triple-Slot-Kühlung setzt Palit hier auf ein Dual-Slot-Design. Dieses arbeitet etwas lauter als die Founders Edition, der Boost fällt jedoch um ein paar Prozent höher aus.

Nvidia Founders Edition

Bei der RTX-Reihe stellt Nvidias Vorlage eine starke Alternative zu den Partnerdesigns dar. Mit der Founders Edition machen Sie nichts falsch, die Karte ist schnell und leise, allerdings mit 850 Euro auch relativ teuer.



Standard-Powerlimit: 245 Watt

Max. Powerlimit: 256 Watt (104 %)

MSI Duke 8G OC

Der „Herzog" unter den Grafikkarten sieht aus wie eine sehr lange Dual-Slot-Karte, geht aber in Wahrheit etwas darüber hinaus und belegt somit effektiv drei Slots. Dank 245 Watt TDP überdurchschnittlich schnell.

Standard-Powerlimit: 225 Watt

Max. Powerlimit: 250 Watt (111 %)

Zotac AMP

Die zweitlängste Grafikkarte im Vergleich erzielt die niedrigsten Temperaturwerte: Gerade einmal 63 °C gesteht Zotac der GPU zu. Die AMP arbeitet somit sehr effizient, gehört aber zu den lautesten Modellen.

tige Grafikkarten sind von Nvidias neuartiger Unterteilung der GPUs in zwei Güteklassen – A und Non-A – betroffen. Grundsätzlich gilt die Regel, dass eine nicht werkseitig übertaktete RTX-Grafikkarte über eine Non-A-GPU mit eigener Gerätekennung sowie ein stark limitiertes Powerlimit verfügt und sich nicht mithilfe eines OC-BIOS beschleunigen lässt. Letztere sind Modellen mit A-GPU vorbehalten und bieten einen wesentlich größeren Spielraum hinsichtlich der einstellbaren Boardpower.

Doch keine Regel ohne Ausnahme. Unser Muster ist ein sprichwörtlicher Wolf im Schafspelz, denn entgegen aller Erwartungen arbeitet darauf eine A-GPU – allerdings mit Non-A-Konfektion, sprich, nur 215 Watt Powerlimit und Taktraten unterhalb der Founders Edition. Wie uns Asus auf Nachfrage mitteilt, ist das ein großer Glücksfall, denn grundsätzlich montiere kein Hersteller die höherwertigen Chips auf Einsteigervarianten. Wir bewerten die Asus Turbo in diesem Test folglich, als wäre nichts gewesen. Wer sich für die sich aus der Entdeckung ergebenden Möglichkeiten interessiert, dem sei unser Artikel unter www.pcgh.de/turing-tuning wärmstens ans Herz gelegt.

Fundament: Alle Probanden abseits der Asus Turbo verfolgen höhere Ziele. Um das zu erreichen, verfügen alle über eine werkseitige Übertaktung sowie eine gute bis mächtige Kühlung. Eine A-GPU gibt es bei den neun getesteten Modellen unter Garantie. Die Basislinie wird von Nvidias Founders Edition gezeichnet. Diese bildet die Bewertungsgrundlage im PCGH-Leistungsindex. Im Test zeigt sich, dass sie alle Hersteller im Visier haben – doch nicht allen gelingt es, sie zu schlagen. Dazu gleich mehr.

Das Mainboard der Grafikkarte, die Platine, stammt bei allen Herstellern aus eigenen Fertigungsstraßen, teilweise mit Bauteiländerungen. Um einhundertprozentige Referenzdesigns handelt es sich daher nicht, aber um Nachbauten – falls Sie einen Fullcover-Wasserkühler installieren möchten, sollten Sie sich beim Hersteller nach der Kompatibilität erkunden. Die besten Chancen haben Sie bei den Karten mit 26,4 Zentimeter Platinenlänge, welche der Founders Edition entspricht (Asus Turbo, MSI Duke, Palit Gaming Pro, Zotac AMP). Deutlich aus der Reihe tanzen Asus' Strix, Gainwards Phantom und Palits Game Rock, diese Modelle setzen auf überbreite Platinen mit 12,0 cm (Asus) respektive 11,5 cm (Gainward/Palit).

Kühlung: Kennt man die Maße der Platine, dann auch die des installierten Kühlers. Die meisten Hersteller setzen auf dreifache Axialbelüftung in Reihe, woraus sich automatisch eine bestimmte Länge ergibt. Die kleinsten Propeller sitzen auf der Gigabyte Gaming OC (ca. 82 mm Rotordurchmesser), die größten auf der Asus Strix (88 mm). Bei der Belüftung gilt es, das Gleichgewicht aus Förderleistung, Verwirbelung und Lautheit zu wahren, daher ist mehr nicht immer besser. Die Form der Schwingen und die Drehzahl haben große Auswirkungen. Die Idee, anstelle dreier kleiner Lüfter auf zwei größere zu setzen, kann sich auszahlen. Das gilt insbesondere, wenn der Kühlblock überbreit ist.

Das dachte offenbar auch Palit, deren Game Rock Premium (GRP) das beste Verhältnis aus Lautheit und Temperatur erreicht. Ihre beiden 95-mm-Lüfter rotieren mit höchstens 1.420 U/min und erzeugen damit 1,3 Sone bei 68 °C Kerntemperatur. Die Gainward Phantom GLH, welche in Sachen Platine, BIOS und Kühlblock identisch ist – nur die Lüfter und Abdeckung unterscheiden sich –, unterliegt ihrer Schwester: Ihre Lüfter arbeiten teilweise gegeneinander, sodass bei maximal 1.450 U/min eine Lautheit von 1,6 Sone sowie 70 °C GPU-Temperatur erreicht werden. Das ist zweifellos gut, doch die GRP ist besser.

Ein ähnlich gutes Verhältnis aus Temperatur und Lautheit wie Palit erreicht die Gigabyte Gaming OC, sie kommt auf eine maximale Lautheit von bemerkenswerten 1,1 Sone (ca. 1.430 U/min) und 66 °C GPU-Temperatur. Das spricht für ein ausgeklügeltes Design, das Verwirbelungen minimiert. Allerdings muss sich die Karte mit lediglich 225 Watt herumschlagen, wohingegen die GRP und Phantom mit 245 Watt jonglieren. Ebenfalls

gute Werte erzielen die 225-Watt-Modelle Asus Dual (1,5 Sone, 72 °C) und Nvidia Founders Edition (1,9 Sone, 72 °C) – Asus gewinnt das Duell aufgrund des auf 2,5 Slots angewachsenen Kühlers. Wacker schlägt sich die MSI Duke, welche trotz 245 Watt TDP höchstens 1,8 Sone Lautheit bei 73 °C erreicht (ca. 1.700 U/min). Asus' Strix, ebenfalls für 245 Watt konfiguriert, stellt im Werkszustand die Temperatur über die Lautheit und liegt daher bei befriedigenden 2,1 Sone und höchstens 64 °C. Somit arbeiten alle erwähnten Modelle mit hörbarer, aber nicht störender Lautheit.

Die Schlusslichter könnten unterschiedlicher kaum sein. Am unteren Ende rangiert die Asus Turbo mit ihrem im Testfeld einzigartigen Kühler: ein Direct-Heat-Exhaust-Design mit einzelnem Radiallüfter. Letzterer rotiert mit bis zu 1.930 U/min und hält die GPU trotzdem nur haarscharf vom Temperaturlimit fern (82 °C), das beim Erreichen deutliche Taktstürze zur Folge hat. Der Vorteil dieser 3,0 Sone lauten Rauschbelüftung liegt darin, dass die Abwärme zum allergrößten Teil aus dem Gehäuse befördert wird, anstatt diese – wie alle anderen Kühler im Test – darin zu verteilen.

Mit 2,5 Sone (ca. 2.130 U/min, 73 °C) etwas leiser ist die Palit Gaming Pro OC. Dabei handelt es sich um die kleine Schwester der Game Rock. Und zwar im wahrsten Sinne des Wortes: Sie muss mit 225 anstelle von 245 Watt, geringerem GPU-Boost, einem PCB mit Standardmaßen sowie einem Dual- statt Triple-Slot-Kühler auskommen, um einen tieferen Preispunkt zu bedienen. Das erreicht sie zweifellos – auf Kosten der Ruhe. Der Nvidia-Kühler mit seiner großflächigen Vapor Chamber (max. 1.870 U/min, 72 °C) ist Palits Heatpipe-Radiator klar überlegen.

Abschließend müssen wir Zotac erneut tadeln. Deren RTX 2080 Ti AMP machte in der vergangenen Ausgabe von sich hören, indem sie ihre Lüfter sowohl im Leerlauf als auch unter Last zu hochtourig laufen lässt. Dieses Verhalten zeigt auch die RTX 2080 AMP, aufgrund einer zahmeren Lüftersteuerung jedoch in abgeschwächter Form. 2,2 Sone Lautheit (ca. 1.720 U/min) bei lediglich 63 °C stehen im Messprotokoll. Der große Kühlblock langweilt sich angesichts der im BIOS hinterlegten 225 Watt. Immerhin: Die Kälte verhilft der GPU zur knapp höchsten Effizienz.

Grafikkarten

Auszug aus Testtabelle mit 21 Wertungskriterien

Produktname	RTX 2080 Game Rock Premium	RTX 2080 Phantom GLH	RTX 2080 ROG Strix OC (O8G)
Hersteller/Website	Palit (www.palit.biz)	Gainward (www.gainward.de)	Asus (www.asus.com/de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 800,-/mangelhaft	Ca. € 820,-/mangelhaft	Ca. € 890,-/mangelhaft
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1893405	www.pcgh.de/preis/1893531	www.pcgh.de/preis/1870864
Grafikeinheit; GPU (Fertigung)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.944/184/64	2.944/184/64	2.944/184/64
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	300/405 MHz (0,725 VGPU)	300/405 MHz (0,725 VGPU)	300/405 MHz (0,725 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (OC)	1.515 (Boost: 1.875+)/7.000 MHz (+7/0 % ggü. FE)	1.515 (Boost: 1.875+)/7.000 MHz (+7/0 % ggü. FE)	1.515 (Boost: 1.890+)/7.000 MHz (+8/0 % ggü. FE)
Ausstattung (20 %)	**2,65**	**2,65**	**2,60**
Speichermenge (Anbindung)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)
Speicher (Herstellerbezeichnung)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)
Monitoranschlüsse	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0	2× Displayport 1.4a, 2× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0
Kühlung	Eigendesign, Triple-Slot, 5 Heatp. à 8 mm, 2 × 95 mm axial; Kühlblock bedeckt RAM & VRMs + Backplate inkl. Wärmeleitpads – Radiator wie bei Gainward GLH	Eigendesign, Triple-Slot, 5 Heatp. à 8 mm, 3 × 86 mm axial; Kühlblock bedeckt RAM & VRMs + Backplate inkl. Wärmeleitpads – Radiator wie bei Palit GRP	Eigendesign, Triple-Slot, 6 Heatpipes à 6 mm, 3 × 88 mm Axiallüfter; Kühlkörper bedeckt VRMs, flache Platte für RAM, Backplate ohne Wärmeleitpads
Software/Tools/Spiele	Thunder Master (Tweak-Tool), Treiber	Expertool II (Tweak-Tool), Treiber	GPU Tweak II (Tweak-Tool), Treiber, Software
Handbuch; Garantie	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Gedruckt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	1 × Strom: 2×6-auf-8-Pol	1 × Strom: 2×6-auf-8-Pol	–
Sonstiges	TDP lt. Firmware: 245 Watt; Dual-BIOS (nur 2. BIOS mit stillstehenden Lüftern im Leerlauf); gleiche Custom-Platine wie bei Gainward; bewertet mit OC-BIOS	TDP lt. Firmware: 245 Watt; Dual-BIOS (nur 2. BIOS mit stillstehenden Lüftern im Leerlauf); gleiche Custom-Platine wie bei Palit; bewertet mit OC-BIOS	TDP: 245 Watt; Dual-BIOS; Custom-PCB; 3 Taktmodi inkl. „OC Mode" (+30 MHz) in GPU Tweak II; LED-Knopf (an/aus); Fan Connect II; bewertet mit P-BIOS
Eigenschaften (20 %)	**2,16**	**2,19**	**2,30**
Temperatur GPU (2D/Spiel/Max.) *	30/68/68 Grad Celsius	30/70/70 Grad Celsius	29/64/64 Grad Celsius
Lautheit (PWM) 2D/Spiel/Extremfall	0,1 (35 %)/1,3 (61 %)/1,4 (62 %) Sone	0,1 (33 %)/1,6 (60 %)/1,6 (60 %) Sone	0,1/2,1/2,2 Sone (Perf.) — 0,0/0,8/1,0 Sone (Quiet)
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Überdurchschn. (Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Überdurchschn. (Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)
Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	12/19/17 Watt	12/19/17 Watt	11/21/17 Watt
Verbrauch Wolf/Crysis/Anno/Max. **	66/229/250/257 Watt	66/227/252/259 Watt	65/222/255/262 Watt
Max. GPU-Übertaktung (UHD-stabil)	~2.070 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+10 %)	~2.055 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+10 %)	~2.070 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+10 %)
Max. RAM-Übertaktung (UHD-stabil)	~8.000 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+14 %)	~8.100 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+16 %)	~7.900 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+13 %)
Voltage-/Power-Optionen in Tools?	Ja (GPU; Powerlimit bis 130 % = 320 Watt)	Ja (GPU; Powerlimit bis 130 % = 320 Watt)	Ja (GPU; Powerlimit bis 125 % = 307 Watt)
Länge/Breite Karte; Stromstecker	29,3/5,3 cm; 2 × 8-Pol (vertikal)	29,3/5,2 cm; 2 × 8-Pol (vertikal)	30,0/4,9 cm; 2 × 8-Pol (vertikal)
Platinenmaße (Länge × Breite)	26,4 × 11,5 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)	26,4 × 11,5 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)	28,5 × 12,0 (exkl. PCI-E-Kontakte)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**1,65**	**1,65**	**1,65**
FAZIT	⊕ Dual-BIOS; Lautheit; Max-Powerlimit ⊖ Lüfter rotieren im Leerlauf (OC-BIOS)	⊕ Dual-BIOS; Lautheit; Max-Powerlimit ⊖ Lüfter rotieren im Leerlauf (OC-BIOS)	⊕ Gutes Dual-BIOS, 2× HDMI; LED-Knopf ⊖ Relativ hoher Preis
	Wertung: **1,95**	Wertung: **1,96**	Wertung: **1,97**

* Windows-Desktop/Spiel/Ernstfall **Wolfenstein 2 (Full HD, Sync @ 60 Hz), Crysis 3 (Full HD, offene Fps), Anno 2070 (Ultra HD, offene Fps)

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass PC Games Hardware Grafikkarten mit dem werkseitig aktiven BIOS bewertet. Alle genannten Ergebnisse beziehen sich darauf. Die Asus Strix, Gainward Phantom und Palit Game Rock verfügen im Gegensatz zu den übrigen Testteilnehmern über eine zweite Firmware. Diese ist nicht bloß als Backup/Fallback für emsige BIOS-Modder gedacht, sondern stellt einen optionalen Silent-Betriebsmodus zur Verfügung. Dieser wird von den Herstellern unterschiedlich konfiguriert, beinhaltet in jedem Fall aber die Stilllegung der Lüfter im Leerlauf. Mit dem primären BIOS drehen die Rotoren langsam, aber dauerhaft. Während die dabei erzeugten 0,1 Sone der Asus Strix nicht der Rede wert sind, vernehmen wir in der Tonkabine ein Störgeräusch bei der Phantom und Game Rock: ein sehr leises Fiepen, das aufgrund seiner elektronischen Natur an Spulenpfeifen erinnert. Dieses fällt nur bei absoluter Stille auf – und bleibt aus, sobald das zweite BIOS mit Fan Stop aktiv ist. Auch unter Last erreicht das zweite BIOS hörbare Unterschiede gegenüber dem Auslieferungszustand: Die Strix fällt auf exzellente 0,8 Sone (77 °C, ca. 1.330 U/min; Lüfterrotation ab 57 °C), die Phantom GLH auf 1,0 Sone (69 °C, 1.270 U/min, Rotation ab 63 °C) und die Game Rock Premium gar auf 0,8 Sone bei 68 °C (1.200 U/min, Rotation ab 63 °C). Interessant ist, dass Asus das Powerlimit bei 245 Watt belässt und die Leistung somit beinahe halten kann, während die Mitbewerber auf 215 Watt heruntergehen – Asus gewinnt den Schlagabtausch somit eindeutig. Wäre das Quiet-BIOS („Q" am Schalter der Karte) der Auslieferungszustand, läge die Karte mit Abstand an der Wertungsspitze.

Alle Grafikkarten, die ab Werk zu eifrig belüftet werden, können mit einem geeigneten Tuning-Tool auf Kurs gebracht werden. Welche Lüfterleistung genügt, muss von Fall zu Fall vom Nutzer getestet werden. Keine oder nur wenig Luft nach oben haben lediglich die Asus Turbo, Palit Gaming Pro OC und Nvidia Founders Edition.

Bisher unerwähnt blieb das Verhalten der übrigen Karten im Leerlauf. Erfreulicherweise implementieren die meisten Hersteller einen semiaktiven Modus, welcher die Lüfter erst ab einem in der Testtabelle ge-

Grafikkarten

Auszug aus Testtabelle mit 21 Wertungskriterien

Produktname	RTX 2080 Gaming OC 8G	RTX 2080 Duke 8G OC	RTX 2080 Dual OC (O8G)
Hersteller/Website	Gigabyte (www.gigabyte.de)	MSI (https://de.msi.com)	Bezugsquelle: Alternate.de; Hersteller: Asus
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 800,-/mangelhaft	Ca. € 810,-/mangelhaft	Ca. € 770,-/mangelhaft
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1870888	www.pcgh.de/preis/1870893	www.pcgh.de/preis/1870868
Grafikeinheit; GPU (Fertigung)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.944/184/64	2.944/184/64	2.944/184/64
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	300/405 MHz (0,718 VGPU)	300/405 MHz (0,718 VGPU)	300/405 MHz (0,718 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (OC)	1.515 (Boost: 1.815+)/7.000 MHz (+3/0 % ggü. FE)	1.515 (Boost: 1.860+)/7.000 MHz (+6/0 % ggü. FE)	1.515 (Boost: 1.785+)/7.000 MHz (+2/0 % ggü. FE)
Ausstattung (20 %)	**2,58**	**2,60**	**2,65**
Speichermenge (Anbindung)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)
Speicher (Herstellerbezeichnung)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)
Monitoranschlüsse	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0
Kühlung	Eigendesign, 2,5-Slot, 6 Direct-Touch-Heatpipes à 6 mm, 3 × 82 mm axial; Kühlkörper bedeckt RAM und VRMs + Backplate inkl. Wärmeleitpads	Eigendesign, 2,5-Slot, 5 Heatp. à 6 mm, 3 × 85 mm axial; Kühlkörper bedeckt VRMs, Platte für RAM (kein Kontakt zum Kühler), Backplate inkl. Pads	Eigendesign, Triple-Slot, große Vapor-Chamber, 2 × 88 mm axial, Kühlkörper bedeckt Speicher und VRMs; Backplate ohne Wärmeleitpads
Software/Tools/Spiele	Aorus Graphics Engine (Tweak-Tool), Treiber	Afterburner (Tweak-Tool), Treiber	GPU Tweak II (Tweak-Tool), Treiber, Software
Handbuch; Garantie	Faltblatt (dt.); 3 Jahre (4 nach Reg. bei Gigabyte)	Faltblatt (deutsch) + Comic (englisch); 3 Jahre	Gedruckt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	–	Haltestrebe (Bracket); Getränkeuntersetzer (Pappe)	–
Sonstiges	TDP laut Firmware: 225 Watt; „OC Mode" (+15 MHz) in Aorus-Tool; Lüfter rotieren ab ~60 °C, NV-Link 2.0 für SLI (2-way)	TDP laut Firmware: 245 Watt; alle Lüfter rotieren erst ab ~63 °C; NV-Link 2.0 für SLI (2-way)	TDP laut Firmware: 225 Watt; 3 Taktmodi inkl. „OC Mode" (+30 MHz) im Tool GPU-Tweak II; Lüfter rotieren ab ~56 °C; NV-Link 2.0 für SLI (2-way)
Eigenschaften (20 %)	**2,13**	**2,26**	**2,18**
Temperatur GPU (2D/Spiel/Max.) *	39/66/66 Grad Celsius	38/73/73 Grad Celsius	30/72/72 Grad Celsius
Lautheit (PWM) 2D/Spiel/Extremfall	0,0 (passiv)/1,1 (46 %)/1,1 (46 %) Sone	0,0 (passiv)/1,8 (57 %)/1,9 (58 %) Sone	0,0 (passiv)/1,5 (49 %)/1,6 (50 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)
Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	12/22/17 Watt	12/22/15 Watt	11/21/16 Watt
Verbrauch Wolf/Crysis/Anno/Max. **	72/219/220/227 Watt	68/220/257/263 Watt	69/225/224/226 Watt
Max. GPU-Übertaktung (UHD-stabil)	~2.025 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+12 %)	~2.050 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+10 %)	~2.050 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+15 %)
Max. RAM-Übertaktung (UHD-stabil)	~8.100 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+16 %)	~7.900 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+13 %)	~7.900 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+13 %)
Voltage-/Power-Optionen in Tools?	Ja (GPU; Powerlimit bis 108 % = 245 Watt)	Ja (GPU; Powerlimit bis 104 % = 256 Watt)	Ja (GPU; Powerlimit bis 120 % = 270 Watt)
Länge/Breite Karte; Stromstecker	28,7/4,4 cm; 2 × 8-Pol (vertikal)	31,4/3,8 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)	26,8/5,3 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)
Platinenmaße (Länge × Breite)	26,6 × 10,2 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)	26,4 × 10,2 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)	26,7 × 10,2 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**1,71**	**1,68**	**1,71**
FAZIT	⊕ Gelungenes Gesamtpaket; Garantie ⊖ Geringes maximales Powerlimit	⊕ Gelungenes Gesamtpaket ⊖ Sehr lang	⊕ Starker, leiser Kühler ⊖ Ab Werk kaum schneller als Founders Ed.
	Wertung: **1,97**	Wertung: **1,98**	Wertung: **1,99**

* Windows-Desktop/Spiel/Ernstfall **Wolfenstein 2 (Full HD, Sync @ 60 Hz), Crysis 3 (Full HD, offene Fps), Anno 2070 (Ultra HD, offene Fps)

nannten Wert anlaufen lässt – aber nicht alle: Die Nvidia FE, Asus Turbo, Palit Gaming Pro OC und Zotac AMP schalten ihre Lüfter nicht ab (neben den genannten Boliden mit Dual-BIOS). Einzig im Falle Palit ist das verschmerzbar, denn die erzeugten 0,1 Sone sind in einem geschlossenen Gehäuse nur bei Stille des Restsystems wahrnehmbar.

Leistung: Wie üblich bestimmt das im BIOS der Grafikkarte hinterlegte Powerlimit maßgeblich die Takthöhe und -stabilität unter Volllast. Im Test mit den zehn Probanden zeigt sich jedoch, dass Power nicht alles ist, auch die Programmierung der Taktstufen (Boost Table) führt zu Unterschieden. Welchen Spielraum die Partner dabei haben, ist unbekannt. Werfen wir einen kurzen Blick auf die drei anzutreffenden Wattklassen:

- 245 Watt: Asus Strix, Gainward Phantom, MSI Duke, Palit GRP
- 225 Watt: Asus Dual, Gigabyte Gaming, Nvidia Founders Edition, Palit Gaming Pro, Zotac AMP
- 215 Watt: Asus Turbo

Tatsächlich fällt die Benchmarkplatzierung oft, aber nicht zwangsläufig power-basiert aus. Das liegt auch daran, dass wir mit Battlefield 5 diesmal keinen Power-Ernstfall (wie The Witcher 3) heranziehen, sondern ein Spiel, das ein bestenfalls überdurchschnittliches Heizpotenzial aufweist. So kommt es zu zwei interessanten Platzierungen im Benchmark (Seite 41): Die MSI Duke OC mischt trotz ihres hohen Powerlimits nicht in den Top 5 mit, wohingegen die Zotac AMP und Gigabyte Gaming OC mit 225 Watt an die 245er-Spitze heranreicht. Etwas Glück bei der GPU-Qualität ausgeklammert, spielt auch die Temperatur eine Rolle – kalte Karten laufen 1–3 Boost-Stufen schneller als warme, was für viele Hersteller ein Grund ist, die Lüfter im Zweifel etwas höhertourig laufen zu lassen. Im Falle des PCGH-Wertungssystems führt das jedoch bei Übertreibung zu einem Eigentor.

Limitiert die Power unentwegt, etwa in Wolfenstein 2, The Witcher 3 oder Anno 2070, liegen die 245-Watt-Karten stets in Führung. Wer in der Ultra-HD-Auflösung oder grundsätzlich ohne Bildsynchronisierung spielt und außerdem übertakten möchte, gehört zur Gruppe der Leute, welche be-

Grafikkarten

Auszug aus Testtabelle mit 21 Wertungskriterien

Produktname	RTX 2080 AMP	RTX 2080 Gaming Pro OC	RTX 2080 Founders Edition
Hersteller/Website	Zotac (www.zotac.com)	Palit (www.palit.biz)	Nvidia (www.nvidia.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 800,-/mangelhaft	Ca. € 730,-/mangelhaft	Ca. € 850,-/mangelhaft
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1870908	www.pcgh.de/preis/1870899	www.nvidia.com/de-de/geforce/20-series
Grafikeinheit; GPU (Fertigung)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)	RTX 2080; TU104-400A (12 nm FFN)
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.944/184/64	2.944/184/64	2.944/184/64
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	300/405 MHz (0,725 VGPU)	300/405 MHz (0,718 VGPU)	300/405 MHz (0,725 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (OC)	1.515 (Boost: 1.830+)/7.000 MHz (+4/0 % ggü. FE)	1.515 (Boost: 1.815+)/7.000 MHz (+3/0 % ggü. FE)	1.515 (Boost: 1.755+)/7.000 MHz (90 MHz OC)
Ausstattung (20 %)	**2,58**	**2,60**	**2,58**
Speichermenge (Anbindung)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)
Speicher (Herstellerbezeichnung)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)
Monitoranschlüsse	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0
Kühlung	Eigendesign, 2,5-Slot, 5 Heatp. à 8 mm, 3 × 87 mm axial; Kühlkörper bedeckt nur RAM, teil-profilierte Platte für VRMs; Backplate – ohne Wärmeleitpads	Eigendesign, Dual-Slot, 5 Heatpipes à 6 mm, 2 × 85 mm axial; Kühlblock bedeckt RAM und VRMs + Backplate inklusive Wärmeleitpads	Nvidia-Referenzdesign (Dual-Slot), Fullsize-Vapor-Chamber, 2 × 85-mm-Axiallüfter, Backplate inklusive Wärmeleitpads
Software/Tools/Spiele	Firestorm (Tweak-Tool), Treiber	Thunder Master (Tweak-Tool), Treiber	–
Handbuch; Garantie	Faltblatt (dt.); 2 Jahre (5 nach Reg. bei Zotac)	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Gedruckt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	Stromadapter: 2×Molex-auf-6-Pol + 2×6-auf-8-Pol	–	Displayport-auf-DVI-Adapterkabel
Sonstiges	TDP lt. Firmware: 225 Watt; Lüfter rotieren immer (auch im Leerlauf); NV-Link 2.0 für SLI (2-way)	TDP lt. Firmware: 225 Watt; Lüfter drehen immer (auch im Leerlauf); NV-Link 2.0 für SLI (2-way)	TDP lt. Firmware: 225 Watt; PCB mit 10+3-Phasen-VRMs; NV-Link 2.0 für SLI (2-way); ohne Treiber im Leerlauf nur 0,1 Sone Lautheit
Eigenschaften (20 %)	**2,29**	**2,37**	**2,31**
Temperatur GPU (2D/Spiel/Max.) *	29/63/63 Grad Celsius	30/73/73 Grad Celsius	30/72/72 Grad Celsius
Lautheit (PWM) 2D/Spiel/Extremfall	0,4 (29 %)/2,2 (50 %)/2,2 (50 %) Sone	0,1 (30 %)/2,5 (62 %)/2,5 (62 %) Sone	0,8 (41 %)/1,9 (50 %)/1,9 (50 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)
Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	12/22/17 Watt	11/21/16 Watt	12/21/16 Watt
Verbrauch Wolf/Crysis/Anno/Max. **	66/229/228/235 Watt	66/232/234/238 Watt	68/224/224/225 Watt
Max. GPU-Übertaktung (UHD-stabil)	~2.070 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+12 %)	~2.025 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+12 %)	~2.025 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+16 %)
Max. RAM-Übertaktung (UHD-stabil)	~8.400 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+20 %)	~8.000 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+14 %)	~8.000 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+14 %)
Voltage-/Power-Optionen in Tools?	Ja (GPU; Powerlimit bis 111 % = 250 Watt)	Ja (GPU; Powerlimit bis 113 % = 255 Watt)	Ja (GPU; Powerlimit bis 124 % = 280 Watt)
Länge/Breite Karte; Stromstecker	30,9/4,7 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)	29,4/3,5 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)	26,8/3,5 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)
Platinenmaße (Länge × Breite)	26,4 × 10,2 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)	26,4 × 10,2 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)	26,4 × 10,2 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**1,71**	**1,71**	**1,78**
FAZIT	⊕ Lange Herstellergarantie ⊖ Lautheit & Länge	⊕ Schneller als Nvidia FE; relativ günstig ⊖ Lautheit unter Last	⊕ Starker Kühler; DVI-Adapterkabel ⊖ Relativ hoher Preis
	Wertung: **2,00**	Wertung: **2,02**	Wertung: **2,04**

* Windows-Desktop/Spiel/Ernstfall **Wolfenstein 2 (Full HD, Sync @ 60 Hz), Crysis 3 (Full HD, offene Fps), Anno 2070 (Ultra HD, offene Fps)

sonderes Augenmerk auf ein hohes Powerlimit legen sollte. Die GPU-interne Regelung greift hart durch, wenn der Strom das Limit erreicht, und senkt Takt und Spannung. Das führt bei stark powerlimitierten Modellen zu großer Taktfluktuation und endet im Falle einer manuellen Übertaktung nicht selten in einem Absturz. Was das maximale Powerlimit angeht, sind Sie mit unseren Top 3 in der Testtabelle bestens aufgehoben. Die Karten haben nicht nur die richtige Kühlung an Bord, sondern auch die dazu passenden Firmwares: Asus gewährt Übertaktern maximal 307 Watt, Gainward und Palit sogar 320 Watt. Letzteres gilt nur, wenn Sie die aktuelle Firmware auf den Hersteller-Websites herunterladen, was von der Garantie abgedeckt ist, oder eine ganz neue Charge ergattern.

Verbrauch: Die reale Leistungsaufnahme unter Volllast richtet sich nach der bereits mehrfach erwähnten Thermal Design Power. Daher gilt: Je höher die TDP im BIOS, desto höher auch der reale Verbrauch unter Volllast. Wie bei den Ti-Karten vergangenen Monat neigen auch die aktuellen Probanden zu einer leichten Überschreitung des Maximalwerts. Bedenkliche Werte, etwa für den PCI-Express-Slot, werden dabei jedoch zu keiner Zeit erreicht.

Spezialitäten: Abseits der Dual-Firmwares bei Gainward (Phantom), Palit (Game Rock) und Asus (Strix) bietet der letztgenannte Hersteller weitere Pluspunkte. Die Strix verfügt nicht nur über einen Knopf, um die LED-Beleuchtung komplett abzuschalten, sondern auch über „Fan Connect II“: Lüfteranschlüsse, um PWM-Propeller zu speisen und über die Grafikkarte zu regeln – praktisch! *(rv)*

Fazit

10 × Geforce RTX 2080

Würden wir jeden einzelnen Messwert erläutern, läge ein Buch vor Ihnen. Wir empfehlen daher, dass Sie sich die Zeit nehmen, um die Testtabellen in aller Ruhe zu studieren. Die 10 Probanden haben allesamt Stärken und Schwächen, die es abzuwägen gilt. So gut die Top 3 sind, mancher Spieler wird sie beispielsweise aufgrund ihrer Maße nicht kaufen wollen. Sparfüchse greifen indessen zur Palit Gaming Pro OC. Wer ein beengtes Gehäuse nutzt, wird womöglich mit der Asus Turbo glücklich.

Grafikkarten

Auszug aus Testtabelle mit 21 Wertungskriterien

Vergleichsobjekt – stärkste GTX 1080

Vergleichsobjekt – stärkste RX Vega 64

Produktname	RTX 2080 Turbo 8G	GTX 1080 AMP Extreme	RX Vega 64 Liquid-Cooled Edition
Hersteller/Website	Bezugsquelle: Alternate.de; Hersteller: Asus	Zotac (www.zotac.com)	Sapphire (www.sapphiretech.com)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 730,-/mangelhaft	Nicht mehr lieferbar – Test in PCGH 08/2016	Nicht mehr lieferbar – Test in PCGH 12/2017
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1870867	www.pcgh.de/preis/1449220	www.pcgh.de/preis/1664784
Grafikeinheit; GPU (Fertigung)	RTX 2080; TU104(A)-400 (12 nm FFN)	GTX 1080; GP104-400-A1 (16 nm)	RX Vega 64; Vega 10 XTX A1 (14 nm)
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.944/184/64	2.560/160/64	4.096/256/64
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	300/405 MHz (0,718 VGPU)	316/405 MHz (0,625 VGPU)	26-42/167 MHz (0,762 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (OC)	1.515 (Boost: 1.665+)/7.000 MHz (-5/0 % ggü. FE)	1.772 (Boost: 1.987+)/5.400 MHz (+15/+8 % OC)	1.520+ (max. Boost: 1.750)/945 MHz (kein OC)
Ausstattung (20 %)	**2,68**	**2,50**	**2,55**
Speichermenge (Anbindung)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (256 Bit)	8.192 MiByte (2.048 Bit)
Speicher (Herstellerbezeichnung)	14-Gbps-GDDR6 (Micron MT61K256M32JE-14)	10-Gbps-GDDR5X (Micron MT58K256M32JA-100)	High Bandwidth Memory gen2 (Samsung)
Monitoranschlüsse	2× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b, 1× Virtual Link 1.0	3× Displayport 1.4, 1× HDMI 2.0b, 1 × DVI-D	3× Displayport 1.4a, 1× HDMI 2.0b
Kühlung	Direct Heat Exhaust (Dual-Slot), Vapor-Chamber, Vollverschalung inkl. Radiallüfter, keine Backplate	Eigendesign, Triple-Slot, 6 Heatpipes (4 × 8 mm, 2 × 6 mm), 3 × 85 mm axial, Kühlkörper bedeckt RAM, VRM-Kühler + Backplate (ohne Pads)	Referenzdesign: All-in-one-Fluidkühlung mit Single-Radiator (120 mm); VRM-/RAM-Kühler + Backplate
Software/Tools/Spiele	GPU Tweak II (Tweak-Tool), Treiber, Software	Firestorm (Tweak-Tool), Treiber	–
Handbuch; Garantie	Gedruckt (deutsch); 3 Jahre	Gedruckt (dt.); 2 Jahre (5 nach Reg. bei Zotac)	Faltblatt (deutsch); 2 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	–	2 × enthalten: 2×6-auf-8-Pol-Strom	–
Sonstiges	TDP lt. Firmware: 215 Watt; „OC Mode“ (+30 MHz) in GPU Tweak II verfügbar; Lüfter rotiert immer (auch im Leerlauf); NV-Link 2.0 für SLI (2-way)	Custom-PCB mit 12 cm Breite (10 Phasen); TDP laut Firmware: 270 Watt; Lüfter rotieren ab ~57 °C	Dual-BIOS; getestet mit Standard-BIOS (264 Watt ASIC-Power); LED-Schalter; Temp. Target 65 °C, Board Power 345 Watt
Eigenschaften (20 %)	**2,48**	**2,16**	**2,26**
Temperatur GPU (2D/Spiel/Max.) *	33/82/82 Grad Celsius	39/75/75 Grad Celsius	27/65/65 Grad Celsius
Lautheit (PWM) 2D/Spiel/Extremfall	0,6 (25 %)/3,0 (43 %)/3,0 (43 %) Sone	0,0 (passiv)/1,7 (37 %)/1,9 (39 %) Sone	0,3 (15 %)/1,8 (53 %)/1,9 (54 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Normal (leises Zirpen; Fiepen ab dreistelligen Fps)
Verbrauch 2D/UHD-Video/2 LCDs	11/21/17 Watt	10/15/12 Watt	19/29/19,5 Watt
Verbrauch Wolf/Crysis/Anno/Max. **	72/211/210/212 Watt	-/202/259/275 Watt	98/352/355/357 Watt
Max. GPU-Übertaktung (UHD-stabil)	~2.000 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+20 %)	~2.100 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+6 %)	~1.750 MHz mit man. Opt. (Offset, Voltage, Lüfter)
Max. RAM-Übertaktung (UHD-stabil)	~7.900 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+13 %)	~5.700 MHz mit 100 % Power/Voltage/Fan (+6 %)	~1.100 MHz mit man. Opt. (Offset, Voltage, Lüfter)
Voltage-/Power-Optionen in Tools?	Ja (GPU; Powerlimit bis 120 % = 258 Watt)	Ja (GPU; Powerlimit bis 120 % = 326 Watt)	Ja (GPU/RAM-Ctlr. bis 1,25 V.), Powerlimit bis +50 %
Länge/Breite Karte; Stromstecker	26,8/3,5 cm; 1 × 8-/1 × 6-Pol (vertikal)	31,2/5,0 cm; 2 × 8-Pol (vertikal)	27,2/3,5 cm; 2 × 8-Pol (vertikal)
Platinenmaße (Länge × Breite)	26,4 × 10,2 cm (exkl. PCI-E-Kontakte)	–	–
Leistung im PCGH-Index (60 %)	**1,87**	**2,23**	**2,39**
FAZIT	⊕ Bläst Hitze aus dem Gehäuse (DHE) ⊖ Schwacher Kühler, geringer Boost	⊕ Schnellste GTX 1080; geringe Lautheit ⊖ Leistungsaufnahme & Platzbedarf	⊕ Schnellste Radeon; leise & kühl ⊖ Sehr hohe Leistungsaufnahme
	Wertung: **2,16**	Wertung: **2,27**	Wertung: **2,40**

* Windows-Desktop/Spiel/Ernstfall **Wolfenstein 2 (Full HD, Sync @ 60 Hz), Crysis 3 (Full HD, offene Fps), Anno 2070 (Ultra HD, offene Fps)

PCGH-Notebooks

Zusammen mit TUXEDO bieten wir Gaming-Notebooks als PCGH-Edition an.

TUXEDO hat sich auf Computer mit Linux als Betriebssystem spezialisiert und ist unser Partner für PCGH-Gaming-Laptops. Dabei gibt es die PCGH-Geräte wahlweise mit TUXEDO Budgie 18.04 oder für einen Aufpreis von 99 Euro zusätzlich mit Windows 10 Home. Beim Bootvorgang können Sie dann kinderleicht auswählen, welches Betriebssystem gerade geladen werden soll. Wer noch nicht viel Erfahrung mit Linux hat, muss sich keine Sorgen machen, alle Treiber wurden von TUXEDO installiert und auch alle Sondertasten funktionieren unter Linux einwandfrei. Je nach Preisklasse gibt es Geräte mit Geforce GTX 1060 oder Geforce GTX 1080. Als Prozessor wird im XC1708 V2 ein Core i7-8750H verwendet. Das XUX708 Mk1 nutzt einen Core i5-8600K und das XUX708 Mk2 einen Core i7-8700K. Alle Notebooks setzen auf einen großen 17-Zoll-Bildschirm mit G-Sync. Alle PCGH-Produkte gibt es ohne Aufpreis mit drei Jahren Garantie. Mehr Infos: www.pcgh.de/pcgh-laptops. *(dw)*

Produkt	TUXEDO Book XC1708 V2 PCGH-Edition	TUXEDO Book XUX708 Mk1 PCGH-Edition	TUXEDO Book XUX708 Mk2 PCGH-Edition
Hersteller/Bezugsquelle	TUXEDO (www.pcgh.de/tuxedo)	TUXEDO (www.pcgh.de/tuxedo)	TUXEDO (www.pcgh.de/tuxedo)
Erweiterte Informationen	www.pcgh.de/XC1708V2	www.pcgh.de/XUX708-1	www.pcgh.de/XUX708-2
Ausstattung			
Prozessor	Intel Core i7-8750H (2,2 bis 4,1 GHz, 6 Kerne/12 Threads)	Intel Core i5-8600K (3,6 bis 4,3 GHz, 6 Kerne/6 Threads)	Intel Core i7-8700K (3,7 bis 4,7 GHz, 6 Kerne/12 Threads)
Grafikeinheit	Nvidia Geforce GTX 1060 (6 GB)	Nvidia Geforce GTX 1060 (6 GB)	Nvidia Geforce GTX 1080 (8 GB)
LCD	17 Zoll Full HD Non-Glare IPS (1.920 x 1.080 Pixel, G-Sync)	17 Zoll Full HD Non-Glare IPS (1.920 x 1.080 Pixel, G-Sync)	17 Zoll Full HD Non-Glare IPS (1.920 x 1.080 Pixel, G-Sync)
SSD-Laufwerk (M.2)	250 GByte (Samsung 970 Evo, NVMe)	250 GByte (Samsung 960 Evo, NVMe)	250 GByte (Samsung 960 Evo, NVMe)
HDD-Laufwerk	1.000 GByte (Seagate, 5.400 U/min)	1.000 GByte (Seagate, 5.400 U/min)	1.000 GByte (Seagate, 5.400 U/min)
Speicher	16 GB DDR4-2400 (Crucial Ballistix Sport LT)	16 GB DDR4-2400 (Kingston HyperX)	16 GB DDR4-2400 (Kingston HyperX)
Akku/Gewicht	66 Wattstunden/3,1 kg	82 Wattstunden/3,8 kg	82 Wattstunden/3,8 kg
Kommunikation	GBit-Lan (RJ-45), WLAN 802.11ac, Bluetooth, 9-in-1-Kartenleser, 2.0 MP-Webcam	GBit-Lan (RJ-45), WLAN 802.11ac, Bluetooth, 9-in-1-Kartenleser, 2.0 MP-Webcam	GBit-Lan (RJ-45), WLAN 802.11ac, Bluetooth, 9-in-1-Kartenleser, 2.0 MP-Webcam
Sound	Sound Blaster X Pro Gaming 720	Sound Blaster X-Fi MB5	Sound Blaster X-Fi MB5
Anschlüsse	4 x USB 3.0, 1 x USB 3.1 (Typ C), HDMI, 2 x Mini-Displayport, 3 x Klinke (1 x Kopfhörer, 1 x Mikrofon in, 1 x S/PDIF)	4 x USB 3.0, 2 x USB 3.1 (Typ C), HDMI, 2 x Mini-Displayport, 4 x Klinke (1 x Kopfhörer, 1 x Mikrofon in, 1 x Line-out, 1 x Line-in)	4 x USB 3.0, 2 x USB 3.1 (Typ C), HDMI, 2 x Mini-Displayport, 4 x Klinke (1 x Kopfhörer, 1 x Mikrofon in, 1 x Line-out, 1 x Line-in)
Abmessungen (B x T x H)	418,5 x 287 x 24,9 mm	418 x 295,3 x 39,9 mm	418 x 295,3 x 39,9 mm
Leistung**			
Lautstärke 2D (0,5 m)	0,3 Sone/24 dB(A)	0,5 Sone/25 dB(A)	0,4 Sone/24 dB(A)
Lautstärke 3D (0,5 m)	4,3 Sone/46 dB(A)	5,6 Sone/50 dB(A)	5,4 Sone/49 dB(A)
Leistungsaufnahme 2D/3D	14 Watt/144 Watt	34 Watt/156 Watt	37 Watt/235 Watt
3D Mark (Fire Strike Ultra)	2.793 Punkte	2.994 Punkte	5.061 Punkte
The Witcher 3/Stalker/AvP	39 Fps/113 Fps/158 Fps	45 Fps/149 Fps/146 Fps	78 Fps/220 Fps/213 Fps
Cinebench R11.5 x64 (CPU)	13,09 Punkte	11,81 Punkte	15,44 Punkte
Akkulaufzeit 2D	318 Minuten (5:18 Stunden)	216 Minuten (3:36 Stunden)	189 Minuten (3:09 Stunden)
PREIS mit Ubuntu*	**€ 1.673,-** (inkl. TUXEDO Budgie 18.04)	**€ 2.596,-** (inkl. TUXEDO Budgie 18.04)	**€ 2.996,-** (inkl. TUXEDO Budgie 18.04)
PREIS mit Windows und Ubuntu*	**€ 1.772,-** (inkl. Windows 10 Home und TUXEDO Budgie 18.04)	**€ 2.695,-** (inkl. Windows 10 Home und TUXEDO Budgie 18.04)	**€ 3.095,-** (inkl. Windows 10 Home und TUXEDO Budgie 18.04)
	⊕ Schneller 6-Kern-Prozessor ⊕ Sehr lange Akkulaufzeit ⊖ Lärmpegel unter 3D	⊕ 6-Kern-Prozessor (Desktop-CPU) ⊕ Geforce GTX 1060 und G-Sync ⊖ Lärmpegel unter 3D	⊕ Sehr hohe Leistung dank GTX 1080 ⊕ Desktop-CPU, G-Sync ⊖ Lärmpegel unter 3D

* Preiserfassung und Produktdaten vom 12.12.2018, unter www.pcgh.de/tuxedo finden Sie stets den aktuellen Preis. ** Verringerte Leistung im Akkubetrieb

Adrenalinrausch

AMDs alljährliches Geschenk an seine Grafikkartennutzer ist erschienen: die Radeon Software Adrenalin 2019. PC Games Hardware fasst die Neuerungen des Treiber-Updates zusammen.

23 neue oder überarbeitete Funktionen beinhaltet die Radeon Software Adrenalin 2019 laut AMD. Bei den Neuerungen handelt es sich um eine Mischung aus eigenen Ideen und den meistvotierten Nutzerwünschen. Eine Übersicht.

It just works

Bereits im vergangenen Jahr ließen die Radeon-Schöpfer verlauten, dass es (nach Möglichkeit) keine „Wundertreiber" mit gigantischen Performance-Verbesserungen mehr geben werde. Stattdessen lege man Wert auf Day-1-Unterstützung, ergo beste Leistung zum Start neuer PC-Spiele. Dieses Vorgehen wird flankiert von kontinuierlicher Optimierung des Codes im Laufe der Zeit, mithilfe derer die Architekturen optimal ausgelastet werden. Da es sich bei Vega und Polaris um bewährte Chips handelt, laufen diese bereits nahe am Optimum.

Rächer der Untertakteten

Die wichtigsten Ergänzungen finden Tuner im Wattman-Menü vor. Nun ist es bei Vega- und Polaris-Grafikkarten möglich, die Lüfterdrehzahl anstelle eines starren Minimal- bis Maximal-Spielraums mithilfe von mehreren Datenpunkten feinkörnig anzupassen – Nutzer des MSI Afterburner fühlen sich sofort zu Hause. Außerdem haben Übertakter die Wahl zwischen zwei RAM-Timing-Sets, um das Maximum aus ihrer Grafikkarte herauszuholen. Wer eine Fiji-basierte Grafikkarte (Fury/Nano) verwendet, muss im Wattman weiterhin ohne Speicheroptionen auskommen.

Nutzer einer Radeon RX Vega 64/56 oder Frontier Edition erhalten weitere Stellschrauben im Wattman. Direkt unter dem Verlaufsgraphen sitzen die neuen Knöpfe „Manuell", „Auto Undervolt GPU", „Auto Overclock GPU" und „Auto Overclock Memory". In Zeiten steigender Energiepreise und durchweg powerlimitierter GPUs wirkt vor allem das Undervolting reizvoll.

Wie üblich müssen Sie beim Betreten des Wattman zunächst eine Warnung akzeptieren, die Sie über Risiken und Nebenwirkungen des Tunings aufklärt. Schieben Sie nun den oben platzierten Regler auf „Benutzerdefiniert", um die Optionen freizugeben. Ein Klick auf besagte neue Buttons lässt eine weitere Warnung erscheinen, die Sie mit einem Klick auf „Continue" bestätigen. Nun folgt eine kurze Testphase, in der das Bild flackern oder der Treiber abstürzen kann. Das ist bei Overclocking-Tests völlig normal. Klicken Sie nun auf „Übernehmen", um den nicht explizit genannten Takt zu setzen. Ein Blick in die Tools GPU-Z, MSI Afterburner & Co. offenbart, was ermittelt wurde.

AMD gibt an, dass die Auto-Tuning-Einstellungen auf hohe Stabilität getrimmt seien. Fühlbare Unterschiede stellen sich daher nicht ein. Wer auf den Geschmack gekommen ist, kann sich an manuellem, zaghaftem Undervolting versuchen.

Relive-Erweiterungen

Auch Relive, das Capturing-Plug-in des Treibers, wurde überarbeitet. Neu ist unter anderem die Replay-Funktion: Haben Sie gerade einen fantastischen Stunt oder Frag erzielt, drücken Sie die entsprechende Tastenkombination, schon wird der Moment erneut angezeigt. Die Länge des Ausschnitts lässt sich zwischen 5 und 30 Sekunden einstellen. In eine ähnliche Kerbe schlägt die GIF-Funktion: Wer möchte, erzeugt ein animiertes Bild anstelle einer Video-Datei, um spezielle Momente festzuhalten und in den Sozialen Medien zu teilen. Wer gerne streamt, wird sich außerdem über den ebenfalls hinzugefügten Szeneneditor freuen, mit dem sich unter anderem ein angepasstes Streaming-Overlay erstellen lässt.

Overlay-Overhaul

Ende 2017 führte AMD das Radeon Overlay ein, welches just um neue Funktionen ergänzt wurde (siehe rechts). Davon unabhängig ist die „Performance-Überwachung", ein ergänzendes Overlay, das Sie via Strg+Shift+O einblenden. Nun lässt sich die Größe dieser Anzeige auf bis zu 200 Prozent skalieren, deren Farbe, Transparenz sowie Zeilenzahl ändern und auch die Position mithilfe von X- und Y-Koordinaten verändern.

AMD Link: Streaming 3.0

Wer schon immer PC-Spiele an seinem Handy oder preiswerten VR-Headset spielen wollte, für den hält AMD ebenfalls Neuerungen parat. Mit den entsprechenden Apps für iOS, Android und Windows lassen Sie Ihren PC die Bilder berechnen und anschließend per WLAN oder Bluetooth herüberströmen. Im Fokus stehen günstige Geräte ohne Kabel, namentlich Samsung Gear VR, Google Daydream, HTC Vive Focus und Oculus Go.

Die Smartphone-App AMD Link wurde darüber hinaus um eine Sprachsteuerung erweitert. Wer mit Apples Siri und anderen Sprachassistenten vertraut ist, weiß auch die Radeon-Sprachsteuerung zu bedienen: „Radeon! Take a screenshot." fertigt beispielsweise ein Bildschirmfoto an. „Radeon! Tell me my GPU clocks." zeigt die Taktrate der GPU an. Problematisch ist, dass die AMD-Software nur auf Befehle in Englisch und Kantonesisch (Chinesisch) hört und sich zumindest hierzulande eine Sprachbarriere auftut.

VSR für Ultra-Wide-LCDs

Die Downsampling-Funktionalität des Radeon-Treibers, Virtual Super Resolution, kann man ab sofort mit 21:9-Displays umgehen und sie bietet entsprechende Multiplikatoren für LCDs mit 2.560 × 1.080 und 3.440 × 1.440 Pixeln an. Maximal sind 5.120 × 2.160 Pixel nutzbar. 5K in der Breite ist auch bei 16:9-Bildschirmen die Obergrenze, allerdings dort bei 2.880 Pixelzeilen.

AMD Consulting Inc.

Ein weiteres Gimmick der Radeon Software 2019 sind die Berater (Radeon Advisors). Der Game Advisor erinnert an Nvidias Geforce Experience in verbesserter Form: Auf Wunsch lässt sich im Radeon Overlay unter „Game Advisor" eine Benchmark-Funktion einschalten, welche die Leistung misst, grafisch darstellt und anschließend Tipps für optimale Einstellungen gibt.

Die anderen beiden Berater arbeiten in den Radeon-Einstellungen. Der Settings Advisor richtet sich explizit an unerfahrene Anwender und gibt in seiner Funktion mehr oder minder sinnvolle Empfehlungen, wie Sie den Treiber einstellen können (siehe rechts). Sie können ihn aber auch ignorieren, er wird nicht selbst tätig. Der Upgrade Advisor sieht sich Ihre Hardware und installierten Spiele genau an und gibt Empfehlungen mithilfe eines Ampelsystems. Diese Funktion ist nicht rein informell, sondern beinhaltet auch Produktlinks zu Amazon, falls sich der Nutzer dazu entschließt, die empfohlene CPU oder GPU zu kaufen. Es versteht sich von selbst, dass AMD nur hauseigene Produkte empfiehlt. *(rv)*

Fazit

Radeon Software 2019

Zwar handelt es sich keineswegs um eine Revolution, mit dem jüngsten Update der Radeon Software führt AMD jedoch zahlreiche nützliche Neuerungen ein. Vergleicht man den Treiberfunktionsumfang von AMD und Nvidia, haben Radeon-Nutzer zweifellos gewichtige Vorteile – jetzt fehlen nur noch neue High-End-GPUs.

RS Adrenalin 2019: Die wichtigsten Neuerungen

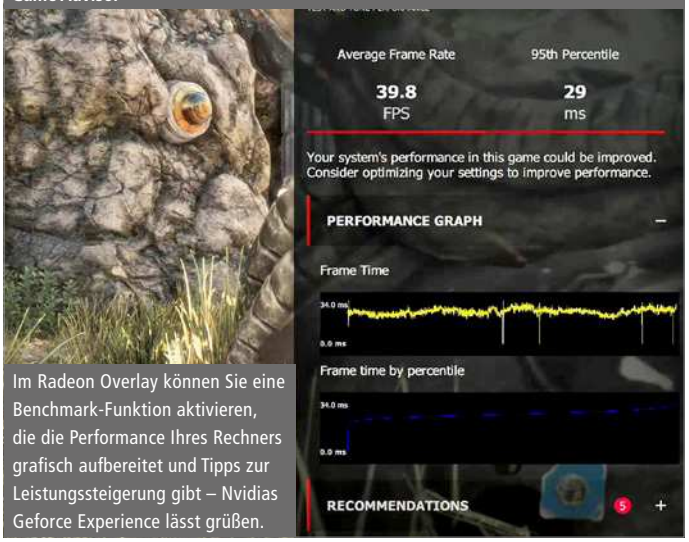
Radeon Wattmanager

Im Wattman dürfen Sie neuerdings eine Lüfterkurve mit mehreren Datenpunkten definieren und zwischen zwei Speicher-Timing-Sets wählen. Vega-Nutzer freuen sich darüber hinaus über eine automatische Undervolting- und Overclocking-Funktion.

Radeon Overlay und Performance-Überwachung

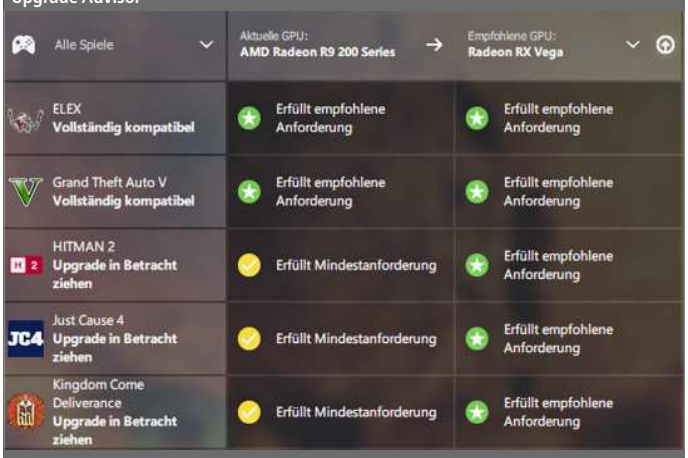
Das Radeon-Overlay (rot-schwarz) erlaubt es, alle neuen Funktionen on-the-fly in Spielen zu verwenden. Die Leistungsüberwachung ist neuerdings skalierbar, lässt sich auf Wunsch in der Mitte des Bildschirms platzieren und kann eine andere Farbe annehmen.

Game Advisor



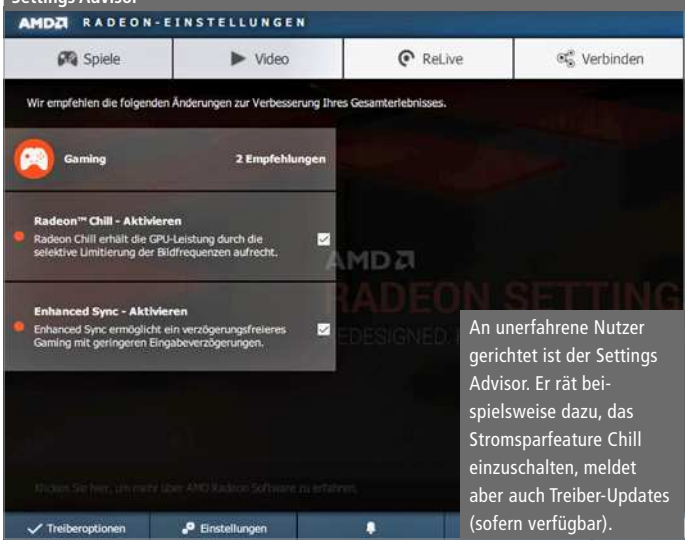
Im Radeon Overlay können Sie eine Benchmark-Funktion aktivieren, die die Performance Ihres Rechners grafisch aufbereitet und Tipps zur Leistungssteigerung gibt – Nvidias Geforce Experience lässt grüßen.

Upgrade Advisor



Bereits früher informierte der AMD-Treiber über die Systemanforderungen einiger Spiele. Nun zeigt ein Ampelsystem, wie es um Ihre Hardware bestellt ist, und gibt im Bedarfsfall Vorschläge, welche neue (AMD-)CPU und -GPU sich lohnen würde.

Settings Advisor



An unerfahrene Nutzer gerichtet ist der Settings Advisor. Er rät beispielsweise dazu, das Stromsparfeature Chill einzuschalten, meldet aber auch Treiber-Updates (sofern verfügbar).

Titan-Wahn: Debatte

Überraschung – die Titan RTX ist erschienen. Titan-Grafikkarten aus dem Hause Nvidia übten schon immer eine besondere Anziehungskraft aus und werden kontrovers diskutiert. Ursächlich dafür ist der preisliche Höhenflug, den Nvidia mit der ersten Titan startete. PCGH stellt die Sinnfrage.

Übersicht: Alle Titan-Grafikkarten mit Single-GPU

Modell	Titan RTX	Titan V JHH Special Edition	Titan V	Titan Xp	Titan X (Pascal)	Geforce GTX Titan X	Geforce GTX Titan Black	Geforce GTX Titan
Euro-Preis (UVP)	2.699	Unbezahlbar (nur 20 Exempl.)	3.200	1.359	1.299	1.149	899	950
Vorstellung	03.12.2018	20.06.2018	08.12.2017	06.04.2017	02.08.2016	17.03.2015	18.02.2014	19.02.2013
Name der Achitektur	Turing	Volta	Volta	Pascal	Pascal	Maxwell	Kepler	Kepler
GPU-Codename	TU102	GV100	GV100	GP102	GP102	GM200	GK110	GK110
Chipgröße Die (mm²)	754	815	815	471	471	601	550	550
Transistoren Grafikchip (Mio.)	18.600	21.100	21.100	12.000	12.000	8.000	7.100	7.100
Fertigungsverfahren	12 nm FFN	12 nm FFN	12 nm FFN	16 nm FF+	16 nm FF+	28 nm	28 nm	28 nm
Shader-/SIMD-/Textureinheiten	4.608/72/288	5.120/80/320	5.120/80/320	3.840/30/240	3.584/28/224	3.072/24/192	2.880/15/240	2.688/14/224
Raster-Endstufen (ROPs)	96	96	96	96	96	96	48	48
GPU-Basistakt (MHz)	1.350	1.200	1.200	1.405	1.417	1.002	889	837
GPU-Boost-Takt (MHz)	1.770	1.455	1.455	1.582	1.531	1.075	980	876
FP32/FP64-Leistung (TFLOPS)	16,3/0,51	14,9/7,45	14,9/7,45	12,2/0,38	11,0/0,34	6,6/0,2	5,6/1,9	4,7/1,6
Speicheranbindung (Bit)	384	4.096	3.072	384	384	384	384	384
Geschwindigkeit RAM (GT/s)	14,0	1,7	1,7	11,4	10,0	7,0	7,0	6,0
Speichertyp	GDDR6	HBM gen2	HBM gen2	GDDR5X	GDDR5X	GDDR5	GDDR5	GDDR5
Speicherübertragung (GB/s)	672,0	870,4	652,8	547,6	480,6	336,6	336,6	288,4
Übliche Speichermenge (MiB)	24.576	32.768	12.288	12.288	12.288	12.288	6.144	6.144
PCI-Express-Stromanschlüsse	2 × 8-polig	je 1 × 8-/1 × 6-polig	je 1 × 8-/1 × 6-polig	je 1 × 8-/1 × 6-polig	je 1 × 8-/1 × 6-polig	je 1 × 8-/1 × 6-polig	je 1 × 8-/1 × 6-polig	je 1 × 8-/1 × 6-polig
Typische Leistungsaufnahme	<280 Watt	<250 Watt	<250 Watt	<250 Watt	<250 Watt	<250 Watt	<250 Watt	<250 Watt
Bemerkungen: Angaben der Rechenleistung mit typischem Boost laut Nvidia.								

2013

Geforce GTX Titan

Das Original startet vor knapp sechs Jahren für damals stattliche 950 Euro, führt die neue Kepler-Architektur ein und protzt sowohl mit 6 GiB RAM als auch hoher FP64-Leistung (Faktor 3 ggü. Titan RTX!).

2014

Geforce GTX Titan Black

Nvidia feiert den ersten Titanengeburtstag mit einer Neuauflage: mit verdunkeltem Kühler, vollem Chip (2.880 statt 2.688 ALUs), höherem Takt – und ohne Preiserhöhung. Auch diese Karte ist konkurrenzlos.

2015

Geforce GTX Titan X

13 Monate nach der Titan Black erscheint das letzte Modell mit „Geforce GTX"-Zusatz – und was für eines: Neben einem vollen Maxwell GM200 bietet die Karte satte 12 GiB RAM. Preis: erstmals weit vierstellig.

2016

Titan X (Pascal)

Nvidia entfernt das „Geforce GTX" aus dem Namen, um die semiprofessionelle Klientel zu unterstreichen. Trotz langer Wartezeit stagniert die Speicherkapazität, der Chip ist beschnitten – und erneut teurer.

Bild: Nvidia

Am 03.12. präsentierte Nvidia die Titan RTX alias „T-Rex". Die Karte zieht alle mit Turing möglichen Register und entspricht damit einer Quadro 6000. Preispunkt: rund 2.700 Euro.

Raffael Vötter: Die Titan RTX ist eine neue Grafikkarte für gut betuchte Spieler respektive „Prosumer" – Leute, die große Rechenleistung und Speicherbestückung auch in produktiven Anwendungen (Rendering/Design) gebrauchen können. Sieht man sich die Spezifikation an, entspricht die Titan RTX einer Quadro 6000. Wer eine Titan kauft, muss jedoch mit dem Gaming-Treiber vorliebnehmen, welcher eine wesentlich kürzere Test-/QA-Phase und andere Schwerpunkte aufweist als das Profi-Pendant. Dafür kostet sie auch „nur" 2.700 anstelle von 6.615 Euro. Ich als enthusiastischer Hi-Res-PC-Spieler halte die Titan RTX für ein sehr attraktives Modell. Das liegt nicht nur am „vollen" Chip (es kommt nichts Besseres), sondern vor allem an der Speichermenge, die selbst extremen Einstellungen gewachsen ist. Wer schon einmal Wolfenstein 2 in 8K gestartet hat, weiß, dass das Spiel dann selbst 16 GiByte füllen kann. Ob das sinnvoll ist? Nein. Aber spannend!

Torsten Vogel: Die verdoppelte Speichermenge ist nett, vor allem nach 3 Jahren 12-GiByte-Stillstand (seit der GTX Titan X) und mit zunehmend mehr Titeln, die bei maximalen, zumindest für SLI-Gespanne realistischen Settings an die Grenzen dieser Ausstattung geraten. Bei dem „vollen" Chip sehe ich aber den ersten Widerspruch. Der ist nicht zwingend typisch für Titanen – Nvidias Luxusklasse hat sich in der Vergangenheit vor allem darüber definiert, viel mehr Leistung als die „Normalo"-Geforces zu bieten. Die neuen Titans heißen zwar nicht mehr Geforce, aber zum Erscheinen einer Generation galt weiterhin: Die Titan trägt eine riesige GPU, die es sonst nirgendwo anders gibt und die ihr wenigstens 30 Prozent mehr Fps gegenüber der zweitbesten GPU gibt. Günstigere Grafikkarten mit der gleichen technischen Basis folgten frühestens 6, eher 12 Monate später – bis dahin waren Titan-Besitzer eine elitäre Gruppe. Dieses Alleinstellungsmerkmal kann die Titan RTX nicht bieten. Die Eckdaten lassen eher 10–15 Prozent Vorsprung gegenüber Ti-Custom-Designs erwarten, denn den gleichen Chip gibt es seit 5 Monaten auf der RTX 2080 Ti. Unverändert respektive sogar noch explodiert ist dagegen der preisliche Abstand. Wo eine Titan früher knapp das Doppelte der x80-ohne-Ti kostete, ist es jetzt mehr als das Doppelte der 2080 Ti.

Raffael Vötter: Dass eine Titan das Doppelte einer Ti kostet, wäre verschmerzbar, wenn Nvidia nicht in jeder Generation so große Preissprünge hingelegt hätte. Ich darf nicht meckern, könnte man meinen, immerhin habe ich schon drei Titanen besessen (einen davon immer noch). Allerdings habe ich sie alle zum Gebrauchtpreis erstanden. Dreistellig! Versuch das mal mit einer 2.700-Euro-Karte. Manche Leute argumentieren damit, dass die Fertigung von GPUs heutzutage viel teurer ist als früher und die Chips ja sooo groß sind. Siehe links: Die von dir genannte Geforce GTX Titan X verfügt über einen 601-mm²-Chip und bot damals alles, was geht – für „nur" 1.149 Euro.

Torsten Vogel: Für 1.149 Euro würde ich nur halb so viel über die Titan RTX meckern – vollkommen unabhängig von der Chipgröße. Letztere schlägt sich ohnehin nicht 1:1 in den Herstellungskosten nieder; ausgereifte Prozesse wie der jetztige 16-nm-Node (in „12" umbenannt) sind pro mm² weitaus billiger als neue Techniken. Aber Nvidia gibt keinen Preisvorteil weiter und selbst wenn sie tatsächlich extra viel für den TU102 bezahlen: Ich habe nicht gefordert, dass große Teile der Chipfläche für Raytracing-Spezial-Kerne verschwendet werden, die in der Mehrheit der Spiele nichts bringen, weil kaum jemand für 1–2 High-End-GPUs, die sich kaum ein Spieler leisten kann, eine neue Engine schreibt. Hier investiert Nvidia Ressourcen in der Hoffnung, zukünftig besser dazustehen. Die eigene Zukunft mag Nvidia aber bitte selbst bezahlen, ich kaufe für meine Gegenwart.

Raffael Vötter: Du Technikbremse! Ich finde es gut, dass Nvidia den Vorstoß mit RTX bzw. DXR wagt. Lediglich der Zeitpunkt ist diskussionswürdig. Mit 7-nm-Strukturen wäre die Sache einfacher gewesen (kleinere Chips), aber gewiss nicht günstiger. Die Fertigung ist gerade anfangs teurer und Nvidia hat immer seine üppige Marge im Blick. Letztere dürfte auch der Grund sein, warum man trotz der steigenden Preise seit Jahren an 11/12 GiByte festhält. Raytracing benötigt übrigens laut unseren neuesten Tests nicht nur Leistung, sondern auch mehr Speicher. Man könnte also sagen, dass die Titan RTX die einzige Karte ist, mit der weitgehend kompromissloses Raytracing läuft.

Torsten Vogel: „Kompromisslos"? Wenn eine 2.700-Euro-Karte selbst in 1080p noch unter 60 Fps droppt, sobald ich die paar Raytracing-Effekte in Battlefield 5 mit „Ultra"-Qualität berechnen lasse, ist das in der Tat kein „Kompromiss". Das ist traurig. Der richtige Zeitpunkt für die Einführung von Raytracing wäre in 4–8 Jahren gewesen, wenn wir UHD-Bildschirme mit 2×2 Supersampling flüssig befeuern und bessere Bildqualität nur noch über mehr Qualität pro Pixel möglich ist. Bis dahin sind RT-Spezialkerne für mich verschwendetes Silizium – wir sprechen uns bei der Radeon 3000 wieder. Ohne RTX, dafür mit Performance-Boost in allen Spielen.

Raffael Vötter: Wie man's dreht und wendet: Runter mit den Preisen, Nvidia! It just doesn't work.

2017

Titan Xp + Collector's Edition
Im Frühjahr 2017 erscheint die Pascal-Speerspitze – erneut mit 12 GiByte, diesmal aber mit vollem Chip und höherem Takt. Ende des Jahres folgt, passend zum Film, eine Star-Wars-Sonderedition (Bild).

Titan V
Gebrauchtwagen oder Spielzeug? Mit 3.200 Euro erreicht der Titan-Preis seinen Höhepunkt. So mächtig der Volta GV100 auch ist, die Titan V ist in Sachen GPU und RAM stark kastriert. Das ändert sich erst …

Bild: Nvidia

2018

Titan V „CEO Edition"
… 6 Monate später mit der Jen-Hsun Huang Special Edition, welche mit 32 GiByte protzt. Bitter: Die Karte gelangt nicht in den Handel, sondern wird vom Nvidia-Boss an KI-Forscher verteilt.

Bild: Nvidia

Titan RTX
Voller Chip, mehr als doppelt so viel Speicher wie das Gaming-Modell (RTX 2080 Ti): Der „T-Rex" verdient seinen titanischen Namen. Allein, 2015 kostete das gleichgeartete Flaggschiff nicht einmal die Hälfte.

Bild: Nvidia

AMD Ryzen 3000: Ziemlich overpowered?

Geht es nach dem Youtube-Kanal AdoredTV, soll AMD die Spezifikationen für seine kommenden Zen-2-Prozessoren festgelegt haben. Das Topmodell könnte auf den Namen Ryzen 9 3800X hören und 16 Kerne mit einem Takt von bis zu 4,7 GHz bieten. Damit würde es Intels Mainstream-Sparte deutlich Konkurrenz machen.

Bisher gab AMD der Welt nur einen kleinen Einblick in die kommenden Zen-2-Prozessoren der Epyc-Familie (Server-Bereich). Der Youtube-Kanal AdoredTV soll aber erfahren haben, dass der rote Chiphersteller einen großen und umfassenden Ausblick der kommenden Desktop-Ryzen-3000-Reihe auf Basis von Zen-2 für die kommende CES im Frühjahr 2019 plant. Dort wird CEO Lisa Su am 9. Januar eine offizielle Keynote halten, bei der angeblich sieben Zen-2-Prozessoren (Codename Matisse) für den Sockel AM4 vorgestellt werden sollen.

Alle hier genannten Informationen stammen aus dem AdoredTV-Leak und sind mit einer gesunden Prise Skepsis anzusehen: Die Ryzen-3000-Modelle sollen zwei Siliziumchips – ähnlich wie Threadripper – nutzen. Dabei soll es sich nicht um die Chiplets der Epyc-Modelle handeln, sondern um „richtige" CPUs, die aneinander gekoppelt werden und jeweils einen separaten I/O-Part tragen. Bereits die kleinen Ryzen-3-Modelle 3300 und 3300X sollen sechs Kerne mit 12 Threads und Taktraten von bis zu 4,3 GHz liefern. Hier kommen dann zwar zwei Zen-2-Siliziumchips zum Einsatz, jedoch ist einer davon elektronisch komplett abgeknipst. Die Preise für Ryzen-3-Modelle bewegen sich im niedrigeren 100-Euro-Bereich. Die größeren Modelle Ryzen 7 3700X und Ryzen 7 3700 sollen dann bereits mit 12 Kernen und 24 Threads daherkommen. Mit TDPs von 95 beziehungsweise 105 Watt würden sie damit auf aktuelle AM4-Mainboards (X470, etc.) passen. Das X-Modell soll mit hohen 4,2 bis 5,0 GHz takten. Darüber wolle AMD zwei große Flaggschiff-Ryzen-9-Modelle als Konkurrenz zu Intels Core i9 positionieren. Der Ryzen 9 3800X soll noch auf der CES 2019 vorgestellt werden. Die neue CPU nutze zwei vollaktivierte Zen-2-Dies mit 16 Kernen und 32 Threads, sowie einem Takt von 3,9 bis 4,7 GHz. Die Vorstellung des Ryzen 9 3850X soll dabei im Mai erfolgen, womöglich zur Computex 2019. Der Takt soll auf 4,3 bis 5,1 GHz gesteigert werden. Mit TDPs von 125 respektive 135 Watt könnten die zwei Topmodelle X570- beziehungsweise B550-Mainboards mit stärkerer Spannungsversorgung voraussetzen.

Man sollte die Spezifikationen derweil als eine mögliche Option, aber nicht für gegeben ansehen. AdoredTV hat in der Vergangenheit bereits zutreffende Leaks geliefert, die Details zu Ryzen 3000 sollen jedoch von einer neuen Quelle stammen. Kyle Bennett von hardocp.com, der seit einiger Zeit eng mit AMD zusammenarbeitet, bekräftigt die neuen Leaks zudem. Laut Bennett sind die Informationen nicht alle, aber weitestgehend richtig. Ein Reddit-Post einer anderen Quelle zu den Leaks hat sich aber als Fake herausgestellt. Sollten sich die Informationen als wahr herausstellen, wären die kommenden Ryzen-3000-Modelle absolute Rechenmonster und würden damit dem Konkurrenten Intel deutlich einheizen. Doch die Leaks wirken fast schon „zu gut, um wahr zu sein". Daher heißt es erstmal abwarten und auf eine offizielle Vorstellung auf der CES 2019 hoffen.

Wichtig zudem: Die Rede ist von einer Vorstellung auf der CES 2019, nicht von einer Veröffentlichung. Die Markteinführung wird erst im kommenden Sommer erwartet. Erwähnenswert sind zuletzt noch die Zen-2-APUs (Codename Renoir), die angeblich im Multi-Siliziumchip-Design daherkämen. Im dritten Quartal, also noch nicht zur CES 2019, wolle AMD den Ryzen 3 3300G und Ryzen 5 3600G vorstellen, die neben einem einzelnen CPU-Die (6/8 Kerne) eine Navi-12-GPU mit 15/20 Compute-Units nutzen. Die Grafikeinheiten kämen somit auf 960 respektive 1.280 Shader, wenn es beim Aufbau mit 64 ALUs pro Compute-Unit bleibt. *(dh)*

	Ryzen 3000 Series Entry-Level SKUs					
	Cores / Threads	Base Clock	Boost Clock	TDP	Price	TBA
Ryzen 3 3300	6C / 12T	3.2GHz	4.0GHz	50W	$99.99	CES
Ryzen 3 3300X	6C / 12T	3.5GHz	4.3GHz	65W	$129.99	CES
Ryzen 3 3300G	6C / 12T / 15CU	3.0GHz	3.8GHz	65W	$129.99	Q3 2019
	Ryzen 3000 Series Mid-Range SKUs					
	Cores / Threads	Base Clock	Boost Clock	TDP	Price	TBA
Ryzen 5 3600	8C / 16T	3.6GHz	4.4GHz	65W	$179.99	CES
Ryzen 5 3600X	8C / 16T	4.0GHz	4.8GHz	95W	$229.99	CES
Ryzen 5 3600G	8C / 16T / 20CU	3.2GHz	4.0GHz	95W	$199.99	Q3 2019
	Ryzen 3000 Series Upper Mid-Range SKUs					
	Cores / Threads	Base Clock	Boost Clock	TDP	Price	TBA
Ryzen 7 3700	12C / 24T	3.8GHz	4.6GHz	95W	$299.99	CES
Ryzen 7 3700X	12C / 24T	4.2GHz	5.0GHz	105W	$329.99	CES
	Ryzen 3000 Series High-End SKUs					
	Cores / Threads	Base Clock	Boost Clock	TDP	Price	TBA
Ryzen 9 3800X	16C / 32T	3.9GHz	4.7GHz	125W	$449.99	CES
Ryzen 9 3850X	16C / 32T	4.3GHz	5.1GHz	135W	$499.99	May

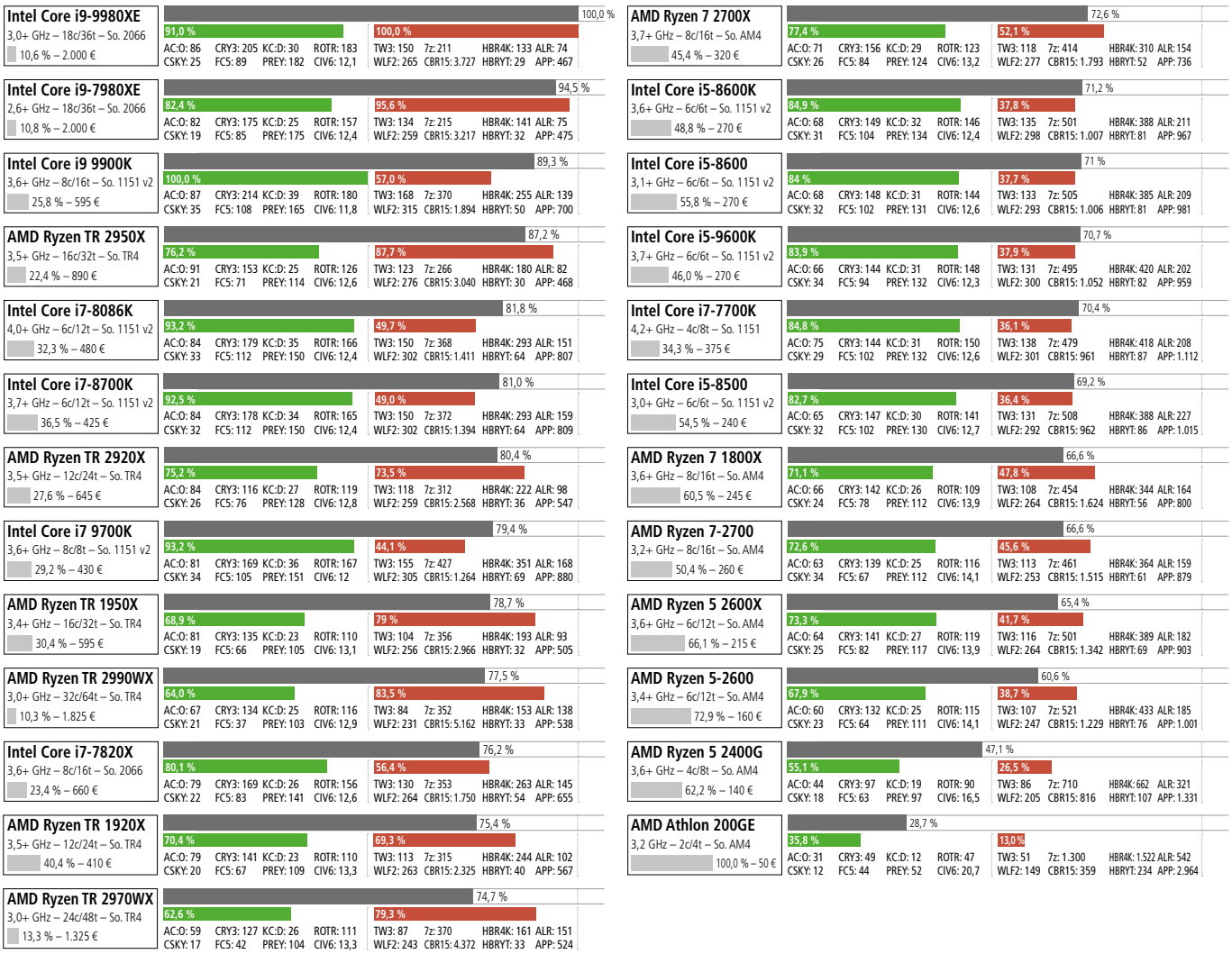
Bild: AdoredTV

Die angeblichen Ryzen-3000-Spezifikationen (TBA bedeutet „to be announced". Es ist also das angebliche Vorstellungs-, aber nicht Veröffentlichungsdatum.)

PCGH-Leistungsindex

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**

Preis-Leistungs-Verhältnis | Gesamtindex | Spieleindex | Anwendungsindex



Spiele (links): Durchschnitts-Fps in Assassin's Creed Origins, Cities Skylines, Crysis 3, Far Cry 5, Kingdom Come: Deliverance, Prey, Rise of the Tomb Raider, Sid Meier's Civ VI, The Witcher 3, Wolfenstein II.
Anwendungen (rechts): Zeit in Sekunden bei Leerlauf, 7-Zip v18.03, Cinebench R15 (Punktewert), Handbrake 1.10 HEVC4K, Handbrake 1.10 YT60p, Lightroom Classic 2018, Premiere Pro CC 2018.

CPUs der PCGH-Extreme-Community

PC Games Hardware fragt seine Leser regelmäßig nach den Prozessoren in ihren Spiele-PCs. Die aktuelle Umfrage zeigt, wie gut AMDs Ryzen-CPUs in der PCGH-Extreme-Community ankommen. Der Ryzen-Anteil wuchs nämlich seit 2017 auf ganze 30 Prozent an, Intel kam im gleichen Zeitraum mit Coffee Lake-S und Kaby Lake-S nur auf 18 Prozent.

Im Frühling 2017 hat AMD seine ersten Desktop-Prozessoren auf Basis der neuen Zen-Architektur (und weg von der Bulldozer-Architektur) auf den Markt gebracht. Seitdem liefern sich AMD und Intel einen ordentlichen Konkurrenzkampf, der scherzhaft auch „Krieg der Kerne" genannt wird. Der Kampf ging mit dem Erscheinen der Ryzen-2000-Reihe und Intels überarbeiteten Coffee Lake-S-CPUs in die nächste Runde. Zumindest bei den PCGHX-Mitgliedern scheinen die Ryzen-CPUs als Gesamtpaket besser anzukommen als die „blauen" Vertreter. Ein Grund dafür können auch die aktuell in die Höhe gestiegenen Preise für Intel-CPUs sein. Bis zum Erscheinen dieses Heftes haben insgesamt 811 Leser an der Umfrage teilgenommen. Bisher konnten die Ryzen-Modelle einen Anteil von 30 Prozent gewinnen. Intels Coffee Lake-S kommt bisher auf 15 Prozent, Kaby Lake-S mit drei Prozent wird hingegen kaum Beachtung geschenkt. Kurz gesagt bedeutet das, dass in dem Zeitraum erheblich mehr PCGHX-Mitglieder AMD- als Intel-CPUs gekauft haben. Die Verkaufszahlen des Versandhändlers Mindfactory deuten an, dass dieses Verhalten nicht nur bei der PCGH-Extreme-Community vertreten ist. Der Core i7-8700K und Ryzen 7 2700X, die bis zum Coffee-Lake-S-Refresh die schnellsten Modelle im Mainstream darstellten, liegen mit 68 zu 73 Käufen erstaunlich nah beieinander. Ebenso kommen die 2600er-Exemplare gut an. 22 Prozent von 765 Umfrageteilnehmern nutzen bereits einen flotten Achtkerner und mit Vorliebe die AM4-Plattform. Der Core i9-9900K und Core i7-9700K mit acht CPU-Kernen wurden zusammen 19 Mal ausgewählt. Wenig Liebe finden derweil noch die HEDT-Plattformen, wie Skylake-X und Ryzen-Threadripper-Prozessoren. *(dh)*

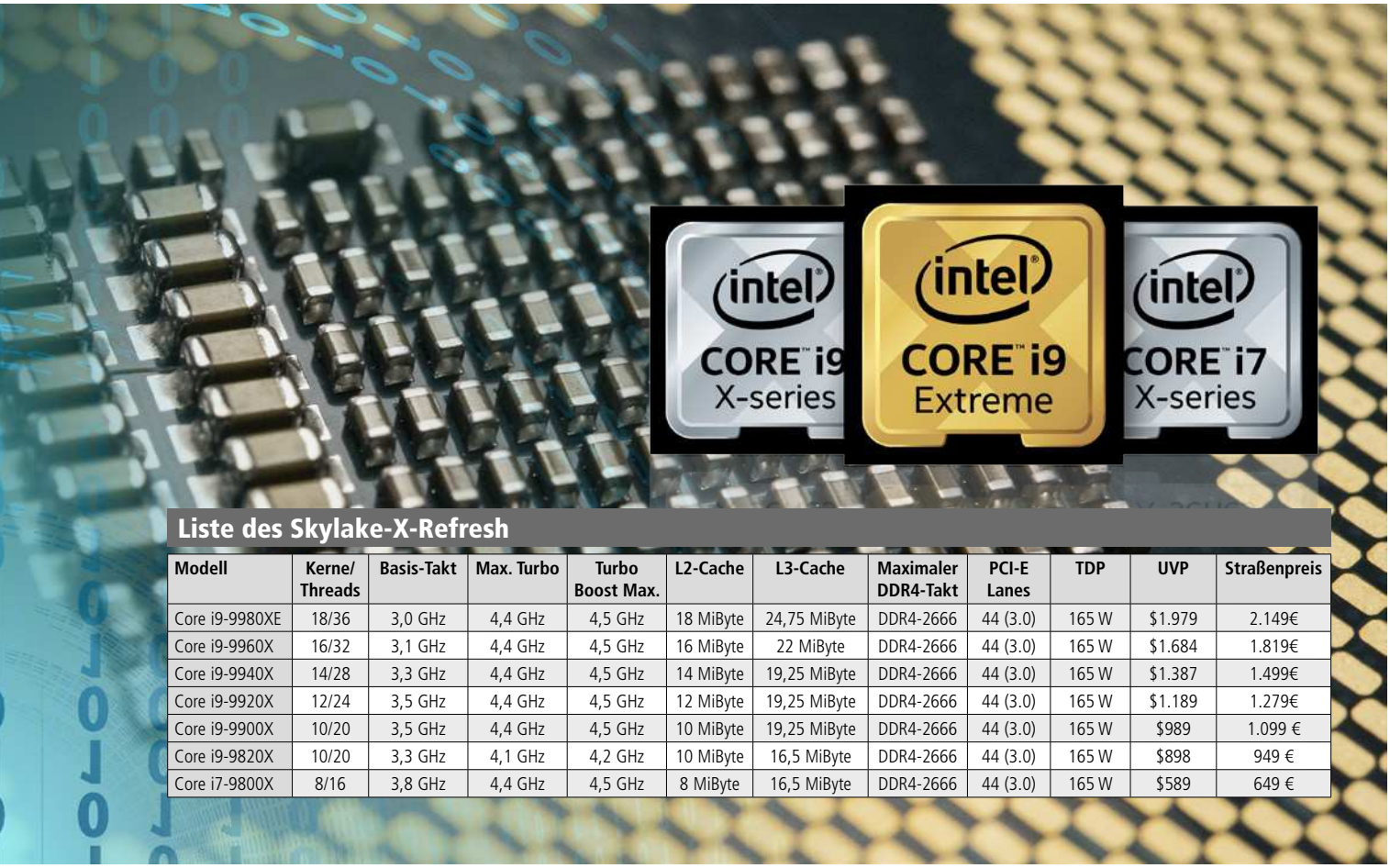
Intels neue Speerspitze

Monatelang war der Core i9-7980XE in Multicore-Tests ganz oben, dann hatte Intel mit den neuen Ryzen-Threadripper-Modellen zu kämpfen. Ist der neue Core i9-9980XE wieder der Multicore-König?

Intel überarbeitet ganz konsequent sein Sortiment: Erst waren die Mainstream Acht- und Sechskerner dran, wie der Core i9-9900K oder der Core i7-9700K. Nun wird auch die Skylake-Extreme-Kategorie mit zehn und mehr Kernen umgekrempelt. Ende 2018 erscheinen sieben neue Skylake-X-CPUs mit der 9000er-Bezeichnung auf dem Markt und sollen die alte 7000er-Reihe ersetzen. Dabei setzt der blaue Riese weiterhin auf das bekannte 14++-Nanometer-Verfahren. Damit bleiben die neuen Skylake-X-CPUs zwar weiterhin kompatibel zu dem bekannten und etablierten Sockel 2066, bekommen aber nicht die volle Refresh-Kur, die ein Umstieg auf 10 oder 7 nm bieten würde. Stattdessen schafft es Intel mit dieser Überarbeitung, das letzte bisschen Leistung aus dem bisherigen 14++-Nanometer-Konzept herauszuholen. Ein gutes Beispiel hierfür ist der erst kürzlich überarbeitete Mainstream-Achtkerner Core i9-9900K: Er bietet mehr Kerne und Takt als sein Vorgänger und besitzt nun einen verlöteten Heatspreader anstelle von „einfacher" Wärmeleitpaste. Beim hier getesteten Core i9-9980XE hat Intel den beliebten Core i9-7980XE genommen, die Kernanzahl gleich gelassen und ähnliche Verbesserungen hinzugefügt: So wurde der Basistakt von 2,6 GHz auf 3,0 GHz und der Turbo auf 4,4 GHz angehoben. Mit Turbo-Boost-Max-Technik 3.0 sind sogar 4,5 GHz auf einem bzw. wenigen Kernen möglich. Der Heatspreader ist nun ebenfalls bei allen neuen Skylake-X-Modellen verlötet und soll bessere Kühleigenschaften bieten. Beim Core i9-9900K ist die Flüssigmetallschicht zwischen dem Heatspreader und dem Siliziumchip jedoch so dick, dass es die eigentlichen Vorteile eines verlöteten Heatspreaders fast schon wieder aufhebt. Ob das auch bei der kommenden Skylake-X-Generation der Fall ist, wissen wir bisher noch nicht. Die Meldungen von Overclockern und Enthusiasten, welche die neuen CPUs köpfen, sollten jedoch bald auftauchen. Zudem wurde der L3-Cache bei den Modellen von acht bis zwölf Kernen erhöht und die „kleinsten" Varianten, der Core i9-

Folgende Produkte finden Sie im Test

- **Intel Core i9-9980XE**
- **Intel Core i9-7980XE**
- **AMD Ryzen TR 2950X**



Liste des Skylake-X-Refresh

Modell	Kerne/ Threads	Basis-Takt	Max. Turbo	Turbo Boost Max.	L2-Cache	L3-Cache	Maximaler DDR4-Takt	PCI-E Lanes	TDP	UVP	Straßenpreis
Core i9-9980XE	18/36	3,0 GHz	4,4 GHz	4,5 GHz	18 MiByte	24,75 MiByte	DDR4-2666	44 (3.0)	165 W	$1.979	2.149€
Core i9-9960X	16/32	3,1 GHz	4,4 GHz	4,5 GHz	16 MiByte	22 MiByte	DDR4-2666	44 (3.0)	165 W	$1.684	1.819€
Core i9-9940X	14/28	3,3 GHz	4,4 GHz	4,5 GHz	14 MiByte	19,25 MiByte	DDR4-2666	44 (3.0)	165 W	$1.387	1.499€
Core i9-9920X	12/24	3,5 GHz	4,4 GHz	4,5 GHz	12 MiByte	19,25 MiByte	DDR4-2666	44 (3.0)	165 W	$1.189	1.279€
Core i9-9900X	10/20	3,5 GHz	4,4 GHz	4,5 GHz	10 MiByte	19,25 MiByte	DDR4-2666	44 (3.0)	165 W	$989	1.099 €
Core i9-9820X	10/20	3,3 GHz	4,1 GHz	4,2 GHz	10 MiByte	16,5 MiByte	DDR4-2666	44 (3.0)	165 W	$898	949 €
Core i7-9800X	8/16	3,8 GHz	4,4 GHz	4,5 GHz	8 MiByte	16,5 MiByte	DDR4-2666	44 (3.0)	165 W	$589	649 €

9820X und Core i7-9800X, können nun auch 44 PCI-E-Lanes benutzen. Das große Highlight des Skylake-X-Refreshes ist aber die Erhöhung des Taktes durch die Bank bei allen Modellen.

Anwendungs-Benchmarks

Zwar können die meisten Alltags-Anwendungen oft die hohe Anzahl an Threads noch nicht richtig ausnutzen, jedoch strahlen hier die ganzen HEDT-Monster der Threadripper und Skylake-X-Reihe. Also werfen wir mal einen Blick auf verschiedene und typische Anwendungen.

Das Komprimieren unserer 7,26 GiB großen Testdateien im beliebten 7-Zip erledigt der Core i9-9980XE in 211 Sekunden und der Core i9-7980XE in 215 Sekunden. Sie sind an der Spitze also nahezu gleich. Darauf folgt AMDs Sechzehnkerner der zweiten Generation, der Ryzen TR 2950X, mit 266 Sekunden. Als Vergleich dazu schafft Intels schnellster Achtkerner das Verpacken in rund 370 Sekunden und ist damit 69 Prozent langsamer als der neue 7-Zip-Meister Core i9-9980XE. AMDs Achtkerner Ryzen 7 2700X bildet mit 414 Sekunden das Schlusslicht in unserem Test. In diesem Test sind Intel- und AMD-CPUs bunt gemischt und auch mehr Kerne helfen hier nicht unbedingt. Scheinbar liegt derzeit der Sweet-Spot bei achtzehn Kernen mit einem hohen Takt.

In Adobe Premiere Pro CC 2018 konvertieren wir ein UHD-Projekt aus drei RED-Quellen am besten mit dem neuen Intel Core i9-9980XE in 467 Sekunden und mit dem Ryzen Threadripper 2950X in unwesentlich langsameren 468 Sekunden. Das Vorgänger-Modell Core i9-7980XE braucht hier 475 Sekunden und ist damit zwei Prozent langsamer. Intels Mainstream-Topmodell Core i9-9900K braucht ganze 700 Sekunden und ist damit sogar 50 Prozent langsamer als der Core i9-9980XE. Für Videobearbeitung lohnt sich also durchaus die Investition in eine CPU mit sechzehn bzw. achtzehn Kernen und hohem Takt. Auch hier sind Intel und AMD-Rechenherzen bunt gemischt, nur das Mittelfeld wird von AMDs Threadripper-Modellen belagert.

Das 4K-Testvideo konvertiert der 18-Kerner Core i9-9980XE mittels Handbrake 1.10 in 133 Sekunden und ist damit der neue Sieger. Auf dem zweiten Platz landet der Core i9-7980XE mit 141 Sekunden und ist damit knapp sechs Prozent langsamer. AMDs 32-Kerner Ryzen TR 2990WX konvertiert das Video in 153 Sekunden. Mehr Kerne helfen in Handbrake also nicht unbedingt. Zum Vergleich schafft der Core i9-9900K das Video in „langsamen“ 255 Sekunden und liegt damit 92 Prozent hinter dem ersten Platz. Sieht man sich die Benchmark-Tabelle an, ist eine gewisse Tendenz zu Intels Achtzehnkernern zu erkennen. Nach den beiden Intels folgen die Threadripper-Modelle und danach alle anderen.

Natürlich haben wir uns auch Cinebench R15 angesehen. Auch wenn das Programm nun schon einige Jahre auf dem Buckel hat, wird es immer noch gerne zum Einordnen von CPUs verwendet. Dieses Ranking ist aber mit etwas Vorsicht zu genießen, da Cinebench eben alte Technik verwendet (*hust* Es wäre Zeit für ein neues Cinebench *hust*). Hier ist der neue Core i9-9980XE (4.372 MT-Punkte und 197 SC-Punkte) mit seiner guten Mischung aus vielen Kernen und hohem Takt nur auf dem dritten Platz. Die beiden großen Threadripper-WX-Modelle liegen mit deutlich mehr Kernen an der Spitze: Der Ryzen Threadripper 2990WX mit 5.162 MT-Punkten und 171 SC-Punkten auf dem ersten und der Ryzen Threadripper 2970WX mit 4.366 MT-Punkten und ebenfalls 171 SC-Punkten auf dem zweiten Platz. Jedoch konnte der Core i9-9980XE ganze 14 Prozent im Vergleich zu seinem Vorgänger-Modell zulegen. In Cinebench R15 gewinnt eigentlich die schiere Anzahl an Kernen: Je mehr desto besser.

Spiele-Benchmarks

Doch wie schlägt sich Intels neue Multicore-CPU und High-End-Wunderwaffe in unseren Spiele-Tests?

Weiterhin stehen schnelle Acht- und Sechskerner an der Spitze unserer Test-Tabelle. Hier haben der Core i9-9900K oder der Ryzen 7 2700X die Nase deutlich vor den großen Mehrkern-Modellen. Nur in Assassin's Creed Origins kann der Ryzen Threadripper 2950X auftrumpfen. Der Ubisoft-Titel und sein Nachfolger Odyssey sind gute Kernskalierungs-Beispiele. Grundsätzlich schneiden aber noch die Varianten mit niedrigerer Kernzahl bei modernen Titeln besser ab als die großen Mehrkerner. Das kann und sollte sich aber in den nächsten Jahren und vor allem mit der kommenden neuen Konsolen-Generation ändern, da diese dann auch mehr CPU-Kerne spendiert bekommen. In diesem Sinne sind CPUs mit acht bis achtzehn Kernen erstmal zukunftssicher. Der Kernskalierungs-Hit und immer noch anspruchsvolle Titel Assassin's Creed Origins kann mit einer hohen Kernzahl (im Idealfall gepaart mit einer Taktrakte um 4,4 GHz) gut umgehen. So schlägt sich der Ryzen Threadripper 2950X (90,8 Ø-Fps) am besten. Danach kommt Intels neuer achtkernige Core i9-9900K (86,8 Ø-Fps) und der neue Achtzehnkerner Core i9-9980XE mit 86,4 Ø-Fps. Er ist damit nun ganze fünf Prozent schneller als sein Vorgänger Core i9-7980XE (82,5 Ø-Fps), was wohl den höheren Taktraten zuzuschreiben ist. AMDs Kernmonster Ryzen Threadripper 2990WX (67,1 Ø-Fps) und 2970WX (59,4 Ø-Fps) sind ganz am Ende der Liste. Der Ubisoft-Titel skaliert also nur bis zu einer gewissen Kernzahl, alles darüber führt zu einem Leistungsverlust.

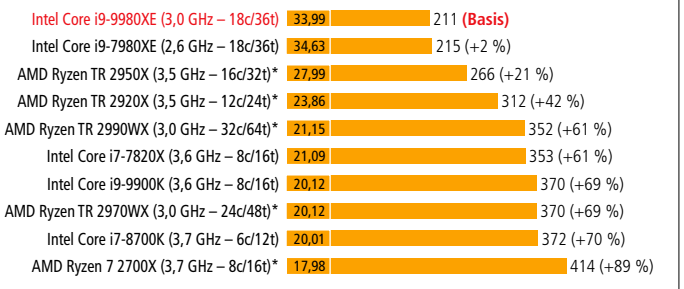
Ebenfalls von Ubisoft stammt der Open-World-Shooter Far Cry 5 und er liebt Intel CPUs mit hohen Taktraten. Ganz oben befindet sich Intels Top-Modell des letzten Jahres, der Core i7-8700K mit 111,8 Ø-Fps, dicht gefolgt vom diesjährigen Mainstream-Flaggschiff Core i9-9900K mit 108,5 Ø-Fps. Die Ränge Drei und Vier belegen die beiden Achtzehnkerner Core i9-9980XE und Core i9-7980XE, wobei der Core i9-9980XE mit 88,6 Ø-Fps ganze vier Prozent schneller ist als das Vorjahres-Modell. Alle AMD Prozessoren mit mehr als sechzehn Kernen landen leider im unteren Teil der Benchmark-Auflistung. Far Cry 5 zeigt hier deutlich seine Bevorzugung von Intel-CPUs.

Im recht CPU-hungrigen Aufbau- und Stadtverwaltungstitel Cities Skylines ist tatsächlich der Core i9-9900K mit 35,2 Ø-Fps und einem Minimum von 24 Fps die beste Wahl. Auf dem zweiten Platz ist sein indirekter Vorgänger, der Core i7-8700K, mit 35,2 Ø-Fps. Der hier getestete Core i9-9980XE liegt mit 24,5 Ø-Fps genau im Mittelfeld der getesteten CPUs. Er ist aber immerhin rund 21 Prozent schneller als sein Vorgänger Core i9-7980XE, der nur 19,5 Ø-Fps leistet. Bei diesem Titel sind tatsächlich acht Kerne mit einer hohen Taktrate der Sweet-Spot und das zeigt, dass leider nicht jeder moderne Titel gut mit vielen Kernen mitskaliert. Deshalb liegen auch die großen Threadripper-Modelle von AMD leider relativ weit unten. Nicht, weil sie etwa zu „schwach" fürs Gaming wären, sondern weil die Engine die hohe Anzahl an Threads noch nicht richtig verwalten kann.

Der sehr storylastige und an System Shock erinnernde Shooter Prey von Bethesda läuft auf so gut wie jedem Prozessor ausgezeichnet, doch auf manchen besser als auf anderen. Hier zeigt sich ebenfalls eine deutliche Liebe für Intel: So besteht die obere Hälfte nur aus Intel und die untere Hälfte aus AMD CPUs, wobei hier die Kernanzahl scheinbar keine Rolle spielt. Auf dem ersten Platz ist der neue Core i9-9980XE mit samtig weichen 181,6 Ø-Fps. Der Core i9-7980XE schafft „nur" 174,6 Ø-Fps und ist damit vier Prozent langsa-

7-Zip: Bevorzugt Intels Achtzehnkerner

Komprimierung (7,26 GiB, Ultra, LZMA2, AES256-Verschlüsselung)

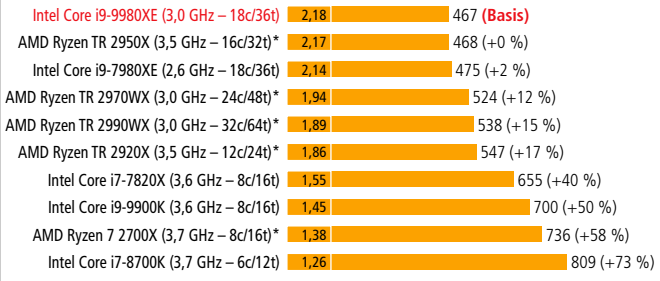


System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

MiB/s | Sek.
◀ Besser

Premiere Pro CC: Mischung aus Kern und Takt

„UHD HEVC"-Projekt aus 3 RED-Quellen, Color-Grading, Watermark, Transitions

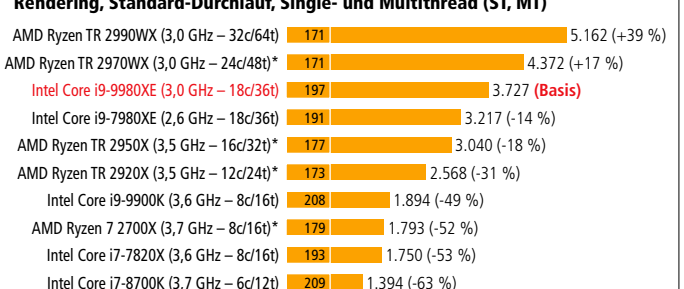


System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

Mpix | Sek.
◀ Besser

Cinebench R15: Mehr Punkte durch mehr Kerne

Rendering, Standard-Durchlauf, Single- und Multithread (ST, MT)

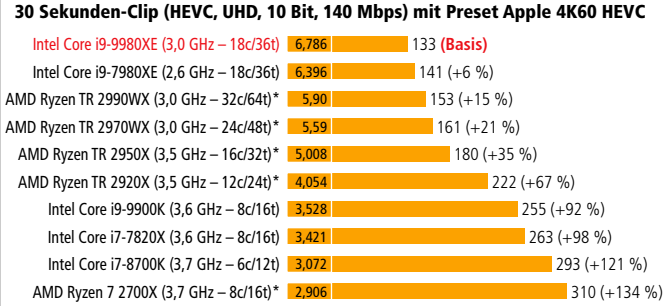


System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

ST | MT
▶ Besser

Handbrake: Erst Intels XE, dann AMDs TR

30 Sekunden-Clip (HEVC, UHD, 10 Bit, 140 Mbps) mit Preset Apple 4K60 HEVC



System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

Mpix | Sek.
◀ Besser

mer als seine neue Variante. Das Mainstream-Topmodell Core i9-9900K schafft es mit ganzen 164,9 Ø-Fps auf den dritten Platz. AMDs Mainstream-Flaggschiff, der Ryzen 7 2700X, befindet sich mit 124,4 Ø-Fps ganze 31 Prozent unter dem Core i9-9980XE. Auch hier ist es der Fall, dass AMD-CPUs nicht zu schwach sind, sondern der Titel besser mit Intel-Prozessoren harmoniert, sei es nun aufgrund von Software-Optimierungen oder anderen Gründen.

Im immer noch anspruchsvollen Rise of the Tomb Raider verhält es sich wie in Prey: Die obere Hälfte der Liste besteht aus Intel-CPUs, die untere aus AMD. Hier schießt der neue Core i9-9980XE mit 183,3 Ø-Fps an die Spitze, dicht gefolgt vom Core i9-9900K mit 179,6 Ø-Fps. Hier ist der neue Achtzehnkerner sogar 15 Prozent schneller als der Vorgänger. Leider tummeln sich auch hier AMD CPUs in der Mitte bis ins untere Testfeld, unabhängig von ihrer Kernzahl. Dennoch läuft Laras zweites Abenteuer auf so gut wie allen aktuellen CPUs mit über 100 Ø-Fps, es läuft also nie wirklich schlecht. Nur auf gewissen Prozessoren eben gut und auf anderen sehr gut.

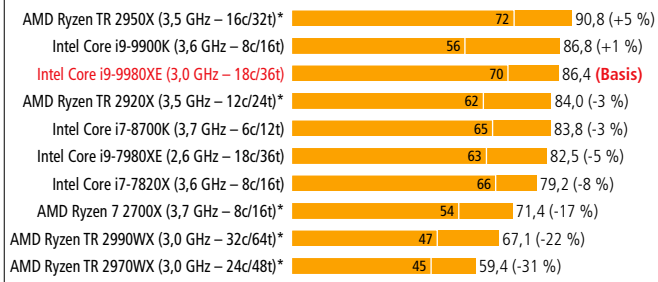
Unser letzter Spiele-Test besteht aus dem beliebten Mittelalter-Rollenspiel Kingdom Come: Deliverance. Hier liegen das aktuelle Mainstream-Oberklassenmodell, der Core i9-9900K, mit 38,9 Ø-Fps und das Vorjahres-Modell Core i7-8700K mit 34,2 Ø-Fps vorne. Gleich danach kommt der Core i9-9980XE mit 29,8 durchschnittlichen Fps und einem Minimum von 15 Fps. Damit ist er um ganze 17 Prozent schneller als der Core i9-7980XE, der den letzten Platz in diesem Test belegt. Die von uns getestete Szene ist der hauptsächliche Dreh- und Angelpunkt des Spiels: Rattay. Sie ist immens CPU-lastig und hält bisher jede von uns angetestete CPU unter 60 Fps. Herausgestellt hat sich hier jedoch, dass der Titel acht schnelle Kerne mit hohen Taktraten bevorzugt. Alles darüber (oder darunter) führt zu geringeren Fps. Zudem hat das Mittelalter-Rollenspiel aus Tschechien einen Faible für Intel-CPUs.

AMD hat keinen Achtzehnkerner – der Threadripper 2950X mit 16 Kernen kommt dem am nächsten. Zwar „fehlen" ihm zwei Kerne, er ist aber deutlich günstiger.

Grundsätzlich sind Multicore-Prozessoren eigentlich für (professionelle) Anwendungen mit einer hohen Kern-Threadanzahl gedacht. Es ist jedoch schön zu sehen, dass der neue Core i9-9980XE sich auch in Spielen aufgrund seiner hohen Single-Core-Taktrate gut schlägt. Leider haben viele aktuelle Titel noch eine Vorliebe für Intel, was die Kernmonster von AMD noch etwas schlecht dastehen lässt. Hoffentlich gleicht sich das in den nächsten Jahren etwas aus.

Assassin's Creed Origins: TR 2950X an der Macht

(Uplay) – „Alexandria" (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

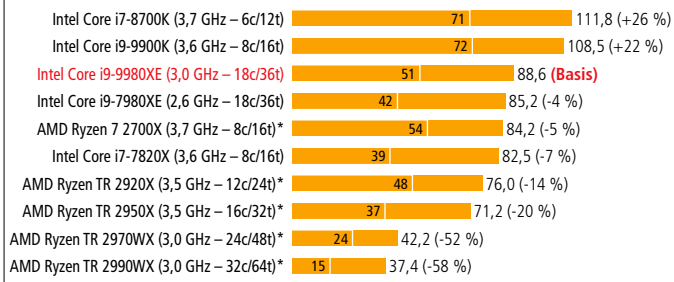


System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

P99 Ø Fps
▶ Besser

Far Cry 5: Liebt Intels Sechskerner

(Uplay) – „Fall's End" (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

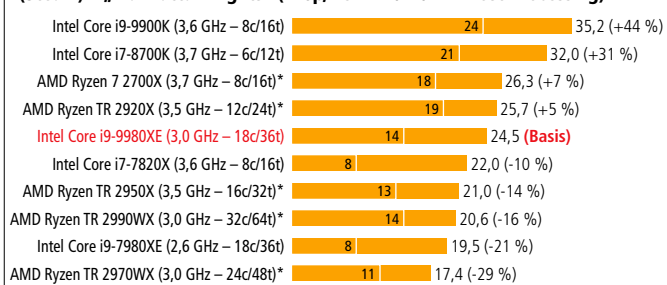


System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

P99 Ø Fps
▶ Besser

Cities Skylines: Mag bis zu acht schnelle Kerne

(Steam) – „Manhattan Nights" (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

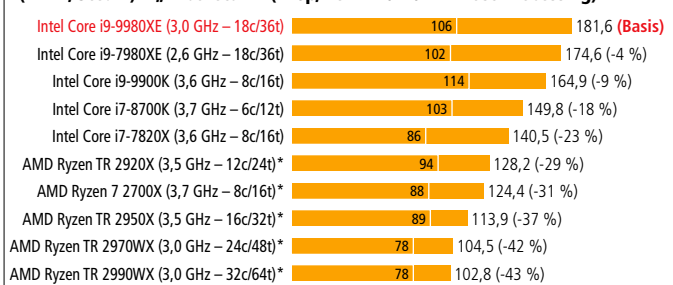


System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

P99 Ø Fps
▶ Besser

Prey: Core i9-9980XE ganz weit oben

(DX12; Steam) – „Arboretum" (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

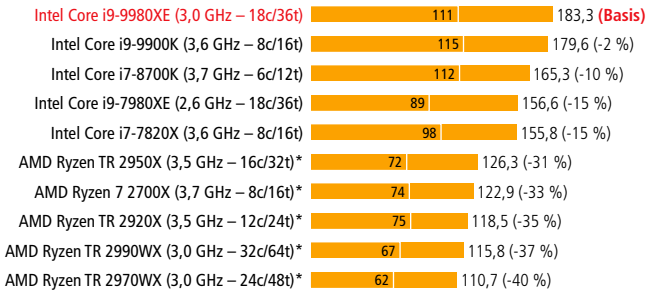


System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

P99 Ø Fps
▶ Besser

Rise of the Tomb Raider: Intel? Intel!

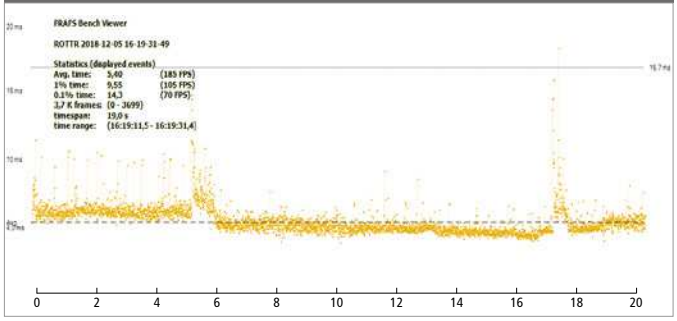
„Geo Valley" (720p, kein AA/AF/min. Post./Gameworks aus) P99 Ø Fps ▶ Besser



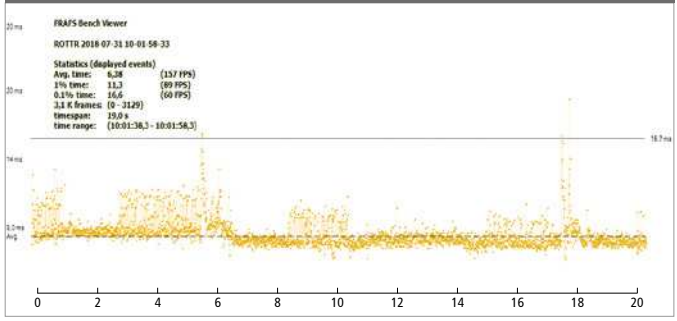
Lara Croft muss man einfach lieben – natürlich virtuell, denn ihr aktuelles PC-Abenteuer ist dank zahlreicher Patches selbst unter Direct X 12 ausgereift. Rise of the Tomb Raider haben wir Ihnen bereits früher auf einigen Prozessoren präsentiert, nun ist das Spiel fester Bestandteil des CPU-Parcours. An der Prozessor-Testszene im Geothermalen Tal („Geo Valley"), welche zu den hardwarefordernds-ten Stellen im umfangreichen Spiel gehört, haben wir nichts verändert – es handelt sich um dieselbe Szene wie bei den Grafikkarten-Tests, allerdings mit jeweils anderen Detaileinstellungen. Die Thread-skalierung kann sich sehen lassen, wenngleich Lara Crofts Abenteuer offenbar Intel-Prozessoren bevorzugt.

Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Durchschnitts-Fps – das Motto „weniger ist besser" gilt!

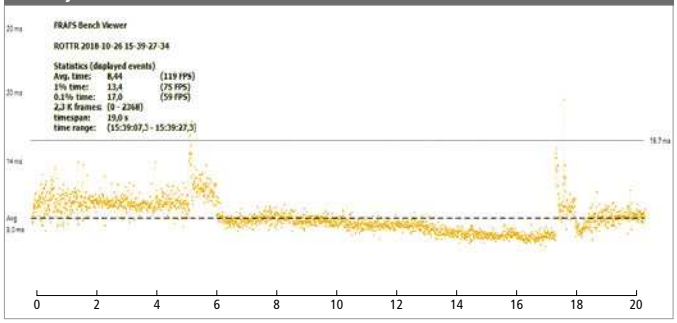
Core i9-9980XE



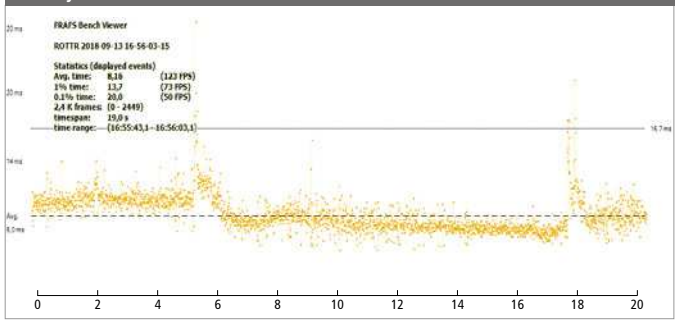
Core i9-7980XE



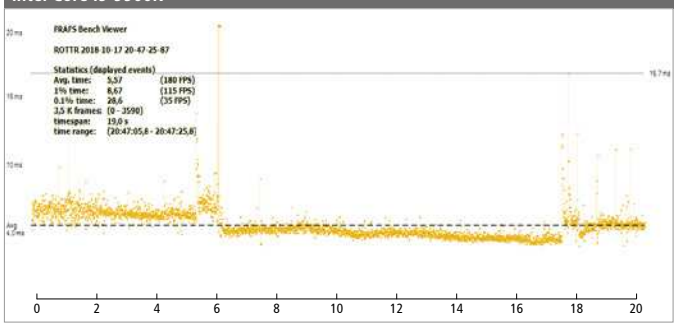
AMD Ryzen TR 2920X*



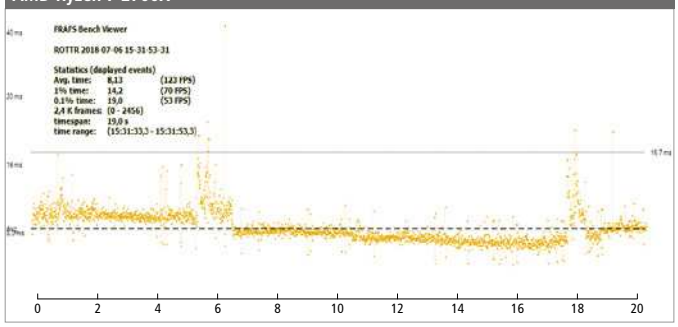
AMD Ryzen TR 2950X*



Intel Core i9-9900K



AMD Ryzen 7 2700X*



System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

Kingdom Come Deliverance: Mag bis zu acht schnelle Kerne

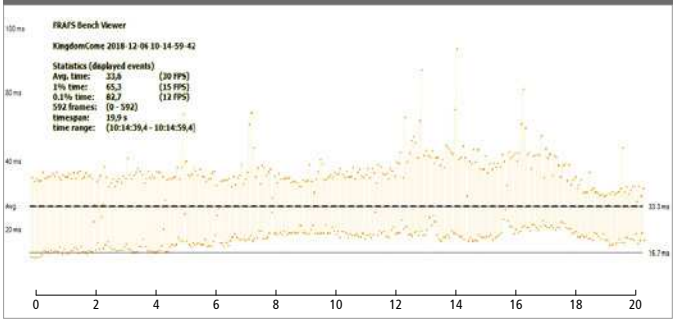
„Rattay Nights" (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing) P99 Ø Fps ▶ Besser

Intel Core i9-9900K (3,6 GHz – 8c/16t)	20	38,9 (+31 %)
Intel Core i7-8700K (3,7 GHz – 6c/12t)	16	34,2 (+15 %)
Intel Core i9-9980XE (3,0 GHz – 18c/36t)	15	29,8 **(Basis)**
AMD Ryzen 7 2700X (3,7 GHz – 8c/16t)*	15	28,7 (-4 %)
AMD Ryzen TR 2920X (3,5 GHz – 12c/24t)*	17	27,2 (-9 %)
AMD Ryzen TR 2970WX (3,0 GHz – 24c/48t)*	13	25,6 (-14 %)
Intel Core i7-7820X (3,6 GHz – 8c/16t)	13	25,5 (-14 %)
AMD Ryzen TR 2950X (3,5 GHz – 16c/32t)*	14	25,5 (-15 %)
AMD Ryzen TR 2990WX (3,0 GHz – 32c/64t)*	14	25,3 (-15 %)
Intel Core i9-7980XE (2,6 GHz – 18c/36t)	12	24,7 (-17 %)

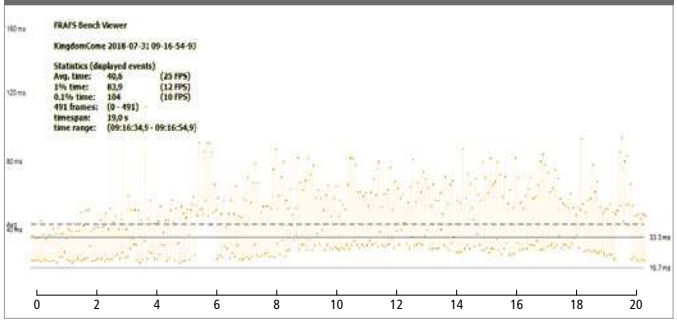
Kingdom Come Deliverance stellt das virtuelle Böhmen mithilfe der Cryengine dar. Dafür flossen umfangreiche Änderungen ein, um das Mittelalter möglichst glaubhaft zu simulieren. Wir testen ein Worstcase-Szenario: Die Stadt Rattay bei Nacht und Fackelschein. Dabei zeigt sich, dass Takt besonders wichtig ist; das Multithreading ist schwächer als beim Engine-Urvater Crysis 3. Im Vergleich zum vorigen Heft haben wir auf Version 1.6.2 aktualisiert und nutzen auch das HD-Texturpaket. Maximale Details inklusive Sichtweite in 720p sind Standard, die Grafiklast wird durch Verzicht auf Anti-Aliasing, niedrige Post-Processing-Qualität und volumetrische Effekte sowie deaktiviertes Motion Blur erreicht.

Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Durchschnitts-Fps – das Motto „weniger ist besser" gilt!

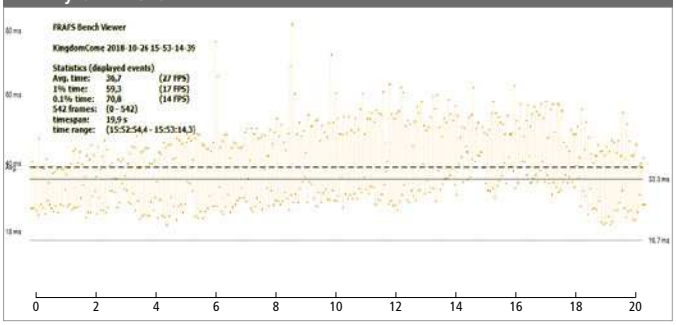
Core i9-9980XE



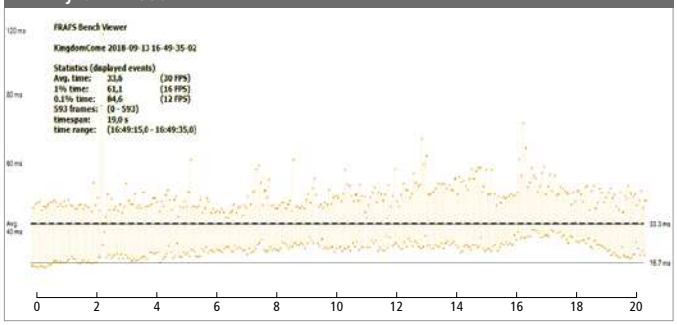
Core i9-7980XE



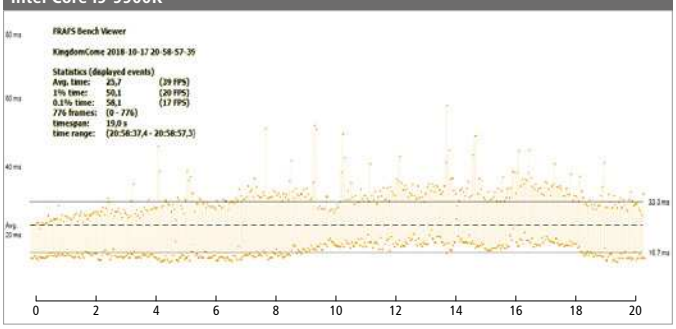
AMD Ryzen TR 2920X*



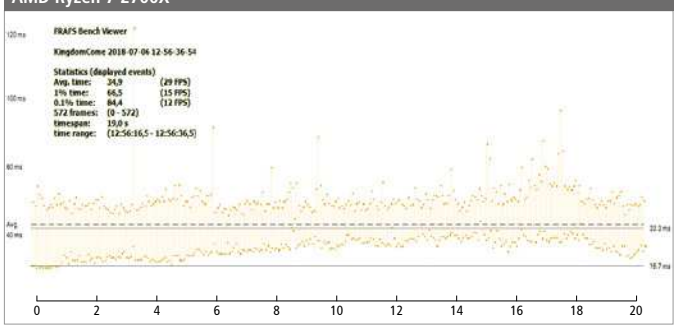
AMD Ryzen TR 2950X*



Intel Core i9-9900K



AMD Ryzen 7 2700X*



System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Bemerkungen: *DDR4-2933, ansonsten DDR4-2667

Stromverbrauch und Hitze

Seit dem Core i9-9900K wird in der Technik-Welt sehr häufig über den Stromverbrauch und die damit verbundene Thermal Design Power (TDP) gesprochen. Das Thema wurde und wird noch ausführlich und hitzig in Internet-Foren diskutiert und auch der ein oder andere Artikel ist dazu bereits erschienen. Doch wie sieht es nun mit dem neuen Achtzehnkerner von Intel aus? Leidet er unter denselben Problemen? Intels Angabe der TDP bezieht sich auf den konstanten Stromverbrauch unter Basistakt. Das lässt natürlich alle kurzzeitigen und mittelfristigen Turbo-Modi außer Acht. Auch kann eine zu niedrige TDP-Angabe zu Hitzeproblemen durch einen unzureichenden Kühler im realen Betrieb führen. Zudem übertakten viele Mainboard-Hersteller eine gerade frisch eingesetzte CPU ohne händisches Eingreifen gerne, um besser dazustehen. Standard-Modi auf den meisten Boards sind selten die offiziellen Angaben des Herstellers. Und diese Standard-Modi unterscheiden sich auch noch von Mainboard zu Mainboard und von BIOS-Version zu BIOS-Version. Daher sollte man die Angabe der TDP eher als eine Richtlinie und nicht als eine offizielle Vorgabe ansehen. Beim Core i9-9900K ist die TDP-Angabe im Alltagsbetrieb zu niedrig, beim Core i9-9980XE ist sie jedoch erfreulich in Ordnung.

Aufrüstmatrix: Normierter CPU-Index (Spiele & Anwendungen, gewichtet)

Von / Auf ...	Intel Core i9-9980XE	Intel Core i9-7980XE	Intel Core i9-9900K	AMD Ryzen TR 2950X	Intel Core i7-8700K	AMD Ryzen TR 2920X	Intel Core i7 9700K	AMD Ryzen TR 2990WX	AMD Ryzen TR 2970WX	AMD Ryzen 7 2700X
Intel Core i9-9980XE (3,0 GHz – 18c/36t)	±0 %	-5,5 %	-10,7 %	-12,8 %	-19,0 %	-19,6 %	-20,6 %	-22,5 %	-25,3 %	-27,4 %
Intel Core i9-7980XE (2,6 GHz – 18c/36t)	+5,8 %	±0 %	-5,5 %	-7,8 %	-14,3 %	-14,9 %	-16,1 %	-18,1 %	-21,0 %	-23,3 %
Intel Core i9 9900K (3,6 GHz – 8c/16t)	+12,0 %	+5,9 %	±0 %	-2,4 %	-9,3 %	-10,0 %	-11,1 %	-13,3 %	-16,3 %	-18,8 %
AMD Ryzen TR 2950X (3,5 GHz – 16c/32t)	+14,7 %	+8,5 %	+2,5 %	±0 %	-7,0 %	-7,7 %	-8,9 %	-11,1 %	-14,3 %	-16,7 %
Intel Core i7-8700K (3,7 GHz – 6c/12t)	+23,4 %	+16,7 %	+10,2 %	+7,6 %	±0 %	-0,8 %	-2,1 %	-4,4 %	-7,8 %	-10,4 %
AMD Ryzen TR 2920X (3,5 GHz – 12c/24t)	+24,4 %	+17,6 %	+11,1 %	+8,4 %	+0,8 %	±0 %	-1,3 %	-3,7 %	-7,1 %	-9,8 %
Intel Core i7 9700K (3,6 GHz – 8c/8t)	+26,0 %	+19,1 %	+12,5 %	+9,8 %	+2,1 %	+1,3 %	±0 %	-2,4 %	-5,9 %	-8,6 %
AMD Ryzen TR 2990WX (3,0 GHz – 32c/64t)	+29,1 %	+22,0 %	+15,3 %	+12,5 %	+4,6 %	+3,8 %	+2,4 %	±0 %	-3,6 %	-6,4 %
AMD Ryzen TR 2970WX (3,0 GHz – 24c/48t)	+33,8 %	+26,5 %	+19,5 %	+16,7 %	+8,4 %	+7,6 %	+6,2 %	+3,7 %	±0 %	-2,9 %
AMD Ryzen 7 2700X (3,7 GHz – 8c/16t)	+37,8 %	+30,3 %	+23,1 %	+20,1 %	+11,7 %	+10,8 %	+9,4 %	+6,8 %	+3,0 %	±0 %
Intel Core i5-8600K (3,6 GHz – 6c/6t)	+40,4 %	+32,7 %	+25,4 %	+22,4 %	+13,8 %	+12,9 %	+11,4 %	+8,8 %	+4,9 %	+1,9 %
Intel Core i5-9600K (3,7 GHz – 6c/6t)	+41,5 %	+33,8 %	+26,4 %	+23,3 %	+14,6 %	+13,8 %	+12,3 %	+9,6 %	+5,7 %	+2,7 %
AMD Ryzen 7-2700 (3,2 GHz – 8c/16t)	+50,1 %	+41,9 %	+34,0 %	+30,8 %	+21,6 %	+20,7 %	+19,1 %	+16,3 %	+12,1 %	+8,9 %
AMD Ryzen 5 2600X (3,6 GHz – 6c/12t)	+52,9 %	+44,6 %	+36,6 %	+33,3 %	+23,9 %	+23,0 %	+21,4 %	+18,5 %	+14,3 %	+11,0 %
AMD Ryzen 5-2600 (3,4 GHz – 6c/12t)	+64,9 %	+55,9 %	+47,3 %	+43,7 %	+33,6 %	+32,6 %	+30,9 %	+27,8 %	+23,2 %	+19,7 %

Aufrüstmatrix: Normierter CPU-Index (Spiele)

Von / Auf ...	Intel Core i9 9900K	Intel Core i7 9700K	Intel Core i7-8700K	Intel Core i9-9980XE	Intel Core i5-8600K	Intel Core i5-9600K	Intel Core i9-7980XE	AMD Ryzen 7 2700X	AMD Ryzen TR 2950X	AMD Ryzen TR 2920X
Intel Core i9 9900K (3,6 GHz – 8c/16t)	±0 %	-6,8 %	-7,5 %	-12,1 %	-15,1 %	-16,1 %	-17,6 %	-22,6 %	-23,8 %	-24,8 %
Intel Core i7 9700K (3,6 GHz – 8c/8t)	+7,3 %	±0 %	-0,7 %	-5,7 %	-9,0 %	-9,9 %	-11,6 %	-17,0 %	-18,2 %	-19,3 %
Intel Core i7-8700K (3,7 GHz – 6c/12t)	+8,1 %	+0,7 %	±0 %	-5,1 %	-8,3 %	-9,3 %	-11,0 %	-16,4 %	-17,6 %	-18,7 %
Intel Core i9-9980XE (3,0 GHz – 18c/36t)	+13,8 %	+6,1 %	+5,3 %	±0 %	-3,4 %	-4,5 %	-6,2 %	-11,9 %	-13,2 %	-14,4 %
Intel Core i5-8600K (3,6 GHz – 6c/6t)	+17,8 %	+9,8 %	+9,0 %	+3,5 %	±0 %	-1,1 %	-2,9 %	-8,8 %	-10,2 %	-11,3 %
Intel Core i5-9600K (3,7 GHz – 6c/6t)	+19,1 %	+11,0 %	+10,2 %	+4,7 %	+1,1 %	±0 %	-1,9 %	-7,8 %	-9,2 %	-10,4 %
Intel Core i9-7980XE (2,6 GHz – 18c/36t)	+21,4 %	+13,1 %	+12,3 %	+6,6 %	+3,0 %	+1,9 %	±0 %	-6,1 %	-7,5 %	-8,7 %
AMD Ryzen 7 2700X (3,7 GHz – 8c/16t)	+29,2 %	+20,4 %	+19,6 %	+13,5 %	+9,7 %	+8,5 %	+6,5 %	±0 %	-1,5 %	-2,8 %
AMD Ryzen TR 2950X (3,5 GHz – 16c/32t)	+31,2 %	+22,3 %	+21,4 %	+15,2 %	+11,3 %	+10,1 %	+8,1 %	+1,5 %	±0 %	-1,3 %
AMD Ryzen TR 2920X (3,5 GHz – 12c/24t)	+32,9 %	+23,9 %	+23,0 %	+16,8 %	+12,8 %	+11,6 %	+9,5 %	+2,8 %	+1,3 %	±0 %
AMD Ryzen 5 2600X (3,6 GHz – 6c/12t)	+36,5 %	+27,2 %	+26,3 %	+19,9 %	+15,8 %	+14,5 %	+12,4 %	+5,6 %	+4,0 %	+2,7 %
AMD Ryzen 7-2700 (3,2 GHz – 8c/16t)	+37,7 %	+28,4 %	+27,4 %	+21,0 %	+16,9 %	+15,6 %	+13,5 %	+6,6 %	+5,0 %	+3,6 %
AMD Ryzen 5-2600 (3,4 GHz – 6c/12t)	+47,3 %	+37,3 %	+36,3 %	+29,4 %	+25,0 %	+23,7 %	+21,4 %	+14,0 %	+12,3 %	+10,8 %
AMD Ryzen TR 2990WX (3,0 GHz – 32c/64t)	+56,2 %	+45,5 %	+44,5 %	+37,2 %	+32,5 %	+31,1 %	+28,6 %	+20,8 %	+19,0 %	+17,5 %
AMD Ryzen TR 2970WX (3,0 GHz – 24c/48t)	+59,8 %	+48,9 %	+47,8 %	+40,4 %	+35,6 %	+34,1 %	+31,6 %	+23,6 %	+21,8 %	+20,2 %

System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti SC2 ICX @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1803i), Geforce 417.22 WHQL
Über 50 Prozent | Plus 31–50 Prozent | Plus 1–30 Prozent | Leistungsverlust!

Denn selten nutzen Spiele oder Anwendungen die vollen achtzehn Kerne und somit werden im normalen Alltag kaum die 165 Watt für die CPU überschritten. Erst bei sehr anspruchsvollen Anwendungen, die viele Kerne und Threads nutzen oder bei starkem Multitasking wird der Wert überschritten. Bei kompletter Auslastung haben wir hier eine Spitze von 285 Watt und bei intensivem parallelem Arbeiten mit mehreren Programmen knapp 195 Watt erreicht. Ansonsten bleibt die CPU innerhalb der offiziellen Angaben. Natürlich beeinflusst der Stromverbrauch einer CPU auch seine Hitzeentwicklung. Will man den Core i9-9980XE nur mäßig auslasten (z.B. beim Zocken oder Videoschnitt) reicht ein Kühler für 165 Watt. Will man die CPU jedoch intensiv nutzen, raten wir hier zu einem größeren Modell, wie etwa einem NH-D15 von Noctua.

Zusammenfassung

Der Core i9-9980XE ist eine absehbare und logische Weiterentwicklung der aktuellen Intel-CPUs: Mehr Takt und ein verlöteter Heatspreader aufgrund der höheren Wärmeentwicklung. Ansonsten unterscheidet sich der neue kaum vom alten Core i9-7980XE. Aufgrund des höheren Taktes ist von einem Leistungszuwachs zwischen vier und zwanzig Prozent, je nach Anwendung, zu rechnen. Damit schwingt sich Intels neues Rechenmonster auf den ersten Platz unserer CPU-Bestenliste. Das ist natürlich beeindruckend und der Core i9-9980XE für Enthusiasten und professionelle Anwender eine absolute Empfehlung, besonders da viele Programme eine gewisse Neigung zu Intel haben. Jedoch fehlt hier ein wenig die Liebe zum Produkt und auch die Innovation. Im Grunde hat man nur das bekannte Modell genommen und etwas verfeinert, das war's. Hier trumpft AMD mit seiner inzwischen zweiten Generation der Threadripper-Reihe deutlich mehr auf. Hier merkt man die Leidenschaft, die von der tollen Verpackung bis hin zum wirklich gelungenen Ryzen-Master-Tool reicht. Zudem versucht AMD seine CPUs mit technologischen Fortschritten weiterzuentwickeln, während Intel derzeit alles mit „mehr Takt" und „etwas verfeinern" erreichen will. Von der großen Preisdifferenz zwischen den beiden HEDT-Produktreihen (900 Euro für 16 Kerne bei AMD gegenüber 2.100 Euro für 18 Kerne bei Intel) mal abgesehen. Dennoch ist Intel eine überaus gute CPU gelungen, die derzeit alles auf dem HEDT-Markt so gut wie erschlägt. Will man die beste Performance in den meisten Anwendungen und gehobene Leistung in Spielen, kommt man um den Core i9-9980XE nicht herum. *(dh)*

Fazit

Ausgezeichnete Leistung! Aber ...

Intels Core i9-9980XE kann in den Anwendungs-Tests absolut überzeugen. Dort wirft er sich in nahezu allen Disziplinen auf den ersten Platz. Auch in Spielen kann er mit guten Werten und hohen Frameraten auftrumpfen. Doch warum ist Intels neue Achtzehnkern-Speerspitze nicht gleichzeitig der König der Technikherzen? Es ist nur ein neuer Aufguss des Core i9-7980XE und es fehlt an wirklichen Innovationen. Vielleicht klappt's ja 2020.

Prozessoren

Auszug aus Testtabelle
mit vielen weiteren Wertungskriterien

Prozessor	Intel Core i9-9980XE	Intel Core i9-7980XE	AMD Ryzen TR 2950X
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1638806	www.pcgh.de/preis/1638806	www.pcgh.de/preis/1867615
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 2.000 €/„knapp mangelhaft" (5-)	Ca. 2.000 €/„knapp mangelhaft" (5-)	Ca. 890 €/„voll mangelhaft" (5+)
Für Mainboards mit Sockel …	Sockel 2066	Sockel 2066	Sockel TR4
Codename	Skylake SP/Skylake X	Skylake SP/Skylake X	Zen+/Pinnacle Ridge (Threadripper)
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	18c/36t, 2,4 GHz	18c/36t, 2,4 GHz	16c/32t, 1,2–1,33 GHz
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3 GHz, (3,7-4,4 GHz)	2,6 GHz, (3,4–4,2 GHz)	3,5 GHz, (3,7-4,4 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte / 32 KiByte	32 KiByte / 32 KiByte	32 KiByte / 64 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul) / LLC (gesamt)	1.024 KiByte / 24,75 MiByte	1.024 KiByte / 24,75 MiByte	512 KiByte / 2× 16,00 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	unbekannt, 14 nm, 428 mm²	unbekannt, 14 nm, 428 mm²	2× 4.800, 14 nm, 2× 213 mm²
Ausstattung (20 % der Endnote)	**2,16**	**2,16**	**2,16**
Grafikeinheit	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 512F, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 512F, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	44× PCI-Express 3.0	44× PCI-Express 3.0	64× PCI-Express 3.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**1,28**	**1,38**	**1,49**
Offener Multiplikator*	Ja	Ja	Ja
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/**)	4× DDR4-2667	4× DDR4-2667	4× DDR4-2933
ECC-Support	Unterstützt	Unterstützt	Unterstützt
TDP laut Hersteller**	165 Watt	165 Watt	180 Watt
Systemverbrauch Leerlauf abzüglich Grafikkarte	44 Watt	42 Watt	46 Watt
Systemverbrauch (AC Origins/C3/RotTR)**	298/384/404 Watt	284/373/338 Watt	327/332/336 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschnitt)**	316 Watt	285 Watt	305 Watt
Systemverbrauch Anwendungen (Durchschnitt)**	281 Watt	247 Watt	339 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**1,24**	**1,52**	**1,80**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	90,6 %	82,4 %	76,2 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsnote)	100 %	95,6 %	87,7 %
FAZIT	⊕ Sehr hohe Leistung (Spiele & Applikationen) ⊖ Hoher Preis	⊕ Gute Spiele- und Anwendungsleistung ⊖ Hoher Preis	⊕ Starke Anwendungsleistung ⊖ Software nutzt 32 Kerne noch nicht aus
	Wertung: **1,43**	Wertung: **1,62**	Wertung: **1,81**

Tuning: Intels Schnellster noch schneller

Der 18-Kerner Core i9-9980XE ist zwar (für gut mehrkernoptimierte Anwendungen) das schnellste Pferd in Intels Desktop-Stall, doch das hält uns nicht davon ab, ihm die Sporen zu geben und die Tuning-Reserven auszuloten.

Lot statt Paste

Für Übertakter besteht der wesentliche Unterschied beim Skylake-X-Refresh am optimierten Wärmeübergang zwischen Die und Heatspreader: Statt wie bei bisherigen Sockel-2066-Prozessoren kommt nun anstelle von Wärmeleitpaste eine Lötverbindung zum Einsatz. Die bessere Wärmeleitfähigkeit sorgt für niedrigere und nach unserer Erfahrung auch von Kern zu Kern weniger stark abweichende Temperaturen. Für sehr ambitionierte Übertakter stellt diese Änderung aber auch einen Nachteil dar: Bei der ersten Skylake-X-Generation war es mit den geeigneten Werkzeugen (wie der8auer-Produken von Caseking) relativ einfach, den Heatspreader zu entfernen, Flüssigmetall aufzutragen und den Prozessor optional sogar ohne Heatspreader zu betreiben. Bei den Skylake-X-Refresh-CPUs ist diese Maßnahme weniger wirkungsvoll, deutlich aufwändiger und riskanter.

Kein Hitzkopf per se

Zum Übertakten des Core-i9-Topmodells greifen wir auf das Asus Rampage VI Apex und die Fractal Design Celsius S36 zurück. Mit Auto-Einstellungen und damit auch der aktiven Turbo-Optimierung „Asus Multicore Enhancement“ beobachten wir Taktraten zwischen 3,3 und 4,3 GHz. 4,3 GHz liegen zum Beispiel bei Auswahl eines Threads in Cinebench oder Prime95 an, bei Nutzung aller Kerne durch Cinebench sinkt die Taktrate auf 3,8 GHz. Der Härtetest Small FFTs der aktuellen Prime95-Version drückt den Kerntakt auf 3,3 GHz, was allerdings immer noch 10 Prozent oberhalb des von Intel definierten Basistakts liegt. Da neben dem Takt auch die Spannung beim Wechsel von Cinebench auf Prime95 von 1,06 auf 0,96 Volt reduziert wird, erzeugen beide Tests eine vergleichbare Leistungsaufnahme. Schön: Selbst in Prime95 pendeln sich die Kerne nur leicht über 50 °C ein. Auch ein Mittelklasse-Luftkühler wird deshalb grundsätzlich mit dem Core i9-9980XE fertig. Für Overclocking empfehlen wir allerdings ganz klar eine leistungsstarke Kompakt- oder Custom-Wasserkühlung und ein für Overclocking ausgelegtes Sockel-2066-Mainboard.

Prime95 mit AVX vs. VRMs

Bei angehobenen Spannungen und Taktraten steigt die Leistungsaufnahme und natürlich auch die Abwärme deutlich an. Selbst ein vermeintlich kleiner Unterschied von 0,05 Volt kann bei Auslastung aller 18 Kerne mit AVX-Code dazu führen, dass das System 100 Watt zusätzlich aus der Steckdose zieht! Die 4-GHz-Marke nehmen wir bei 1,00 Volt (Cinebench R15) respektive 1,05 Volt (Prime95), was in etwa das Maximum für ein gutes luftgekühltes System darstellt. Wir gehen allerdings noch weiter und stoßen bei 1,15 Volt an die Grenzen des Machbaren. Cinebench läuft nun mit 4,5 GHz durch, für Prime95 dürfen es 4,3 GHz sein. Allerdings beobachten wir sporadisch CPU-Throttling. Ursächlich ist vermutlich die mit 114 °C sehr hohe VRM-Temperatur. Der im UEFI-Menü einstellbare Grenzwert lässt sich zwar auf extrem hohe 146 °C anheben, doch davon sehen wir der Haltbarkeit zuliebe ab, zumal auch die CPU-Kühlung am Limit ist: 13 der 18 Kerne liegen zwischen 90 bis 95 °C Maximaltemperatur und damit nur noch geringfügig unter der von uns (mit wenig Anpressdruck) ausgetesteten Throttling-Grenze von 105 °C.

Ursache für die enorme Abwärme ist die extreme Leistungsaufnahme, die Skylake-X-CPUs mit ihren sehr schnellen AVX-(512)-Einheiten im ultimativen Stresstest Prime95 erzeugen. Die gemessenen 664 Watt Leistungsaufnahme bei voll ausgelasteter CPU toppen sogar die mit unserem bis an das Kerntemperaturlimit übertakteten Ryzen Threadripper 2990WX erreichten 580 Watt. Die AVX-Mehrleistung des Intel-Topmodells schlägt in Prime95 wesentlich stärker durch als die zusätzlichen Kerne des AMD-Modells. Das bedeutet: Bei „normalen“, AVX-armen Anwendungen und Spielen bietet der Core i9-9980XE in der Praxis deutlich mehr Overclocking-Reserven. Im UEFI-Menü lassen sich daher auch seperate Multiplikatoren für AVX-freie Last, AVX- und besonders heftige AVX-512-Anwendungen definieren. Übertakter, die höchste AVX-Leistung benötigen und eine sehr starke Wasserkühlung (gegebenenfalls mit Durchlaufkühler) besitzen, sollten sinnvollerweise auch die Spannungswandler auf dem Mainboard in den Kühlkreislauf miteinbinden. Das bloße Anblasen des VRM-Kühlers durch einen 140-mm-Lüfter, wie für unsere OC-Tests durchgeführt, wird dann nämlich nicht mehr ausreichen. Wichtig: Prüfen Sie die CPU-Eingangsspannung (Vccin), falls die CPU-Leistung beim Übertakten aus unerklärlichen Gründen abnimmt. Eine Anhebung auf 2,0-2,1 Volt sollte das Problem beheben, oft reicht bereits ein niedrigerer Wert.

Mesh und RAM

Nicht nur die Kerne, auch die Verbindung zwischen den Kernen lässt sich beschleunigen. Bei Broadwell-E kam noch ein Ringbus zum Einsatz, mit Skylake X debütierte eine Mesh-Topologie. Der Standardtakt beträgt 2,7 GHz, unser Setup verkraftet 3,1 GHz (+15 %), wofür wir eine CPU-Cache-Spannung von 1,10 Volt (Standard: ca. 0,9 Volt) nutzen. Bei 3,2 GHz beobachten wir unabhängig von der Spannung vereinzelt Stabilitätsprobleme, vor allem im Zusammenhang mit stark übertakteten CPU-Kernen. Diese Steigerung um 15 Prozent ist relativ klein, allerdings typisch für Mesh-Overclocking. Da die Beschleunigung der Kommunikationsschnittstelle auch den L3-Cache beschleunigt, heißt die Tuning-Option im UEFI-Menü von Asus „Min./Max. CPU Cache Ratio“. Aida64 bescheinigt der dritten Cache-Stufe nach dem

Core i9-9980XE: Spannungsskalierung von 0,85 bis 1,15 Volt (ausgetestet in 100-MHz-Schritten)

Kernspannung (UEFI-Menü)	Auto (ca. 0,96 V)	0,85 Volt	0,90 Volt	0,95 Volt	1,00 Volt	1,05 Volt	1,10 Volt	1,15 Volt
Maximaler Kerntakt (Cinebench R15.038)	3.800 MHz (kein OC)	3.200 MHz	3.500 MHz	3.800 MHz	4.000 MHz	4.200 MHz	4.300 MHz	4.500 MHz
Maximaler Kerntakt (Prime95 v29.4b8, Small FFTs)	3.300 MHz (kein OC)	3.100 MHz	3.400 MHz	3.600 MHz	3.900 MHz	4.000 MHz	4.200 MHz	4.300 MHz*
Leistungsaufnahme (Leerlauf, Profil Höchstleistung)	85 Watt	107 Watt	110 Watt	114 Watt	126 Watt	129 Watt	133 Watt	135 Watt
Leistungsaufnahme (Cinebench R15.038)	329 Watt	215 Watt	241 Watt	278 Watt	309 Watt	347 Watt	383 Watt	438 Watt
Leistungsaufnahme (Prime95 v29.4b8, Small FFTs)	337 Watt	265 Watt	309 Watt	353 Watt	421 Watt	479 Watt	569 Watt	664 Watt*
Differenz zwischen Prime95 v29.4b8 und Leerlauf	252 Watt	158 Watt	199 Watt	239 Watt	295 Watt	350 Watt	436 Watt	529 Watt
Kerntemperatur (Prime95 v29.4b8, Small FFTs)	51,3 °C	43,3 °C	48,0 °C	53,6 °C	60,7 °C	67,2 °C	76,4 °C	85,8 °C*
Differenz kühlster/heißester Kern (Prime95 v29.4b8)	6 Kelvin	4 Kelvin	4 Kelvin	6 Kelvin	8 Kelvin	9 Kelvin	13 Kelvin	14 Kelvin
Punkte in Cinebench R15.038 bei max. Takt	3.799 Punkte	3.205 Punkte	3.498 Punkte	3.799 Punkte	3.964 Punkte	4.130 Punkte	4.254 Punkte	4.445 Punkte
Punkte pro Watt (Cinebench R15, max. Takt)	11,55	14,91	14,51	13,67	12,83	11,90	11,11	10,15

System: Asus Rampage VI Apex (UEFI 1602), 4 x 8 GiByte DDR4-2666 (15-15-15-35 1T) DR, MSI Geforce GT 1030, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Win 10 x64 Build 17134

* Vereinzelt Throttling, wahrscheinliche Ursache: Erreichen des Grenzwerts für die VRM-Temperatur

Tuning eine von 236,9 auf 258,4 erhöhte Leserate (+9 %) und eine von 19,4 auf 17,7 Nanosekunden verkürzte Zugriffszeit (-9 %). Kingdom Come: Deliverance und 7-Zip belohnen die Maßnahme mit 4 respektive 3 Prozent mehr Leistung.

Eine weitere Tuning-Schraube ist der Arbeitsspeicher, zumal der von Intel vorgesehene Standardtakt DDR4-2666 weit unterhalb des mit aktuellen RAM-Modulen und mit Skylake-X-Prozessoren Möglichen liegt. Wir entscheiden uns für den Betrieb mit der Taktrate DDR4-3800 und den Timings 18-18-18-38 bei einer Modulspannung von 1,45 Volt. Da unsere mit Samsung-Chips bestückten Corsair-Riegel aus dem Jahr 2016 über einen Dual-Rank-Aufbau verfügen, sind sie nicht so taktfreudig wie aktuelle High-End-Sticks mit 8 GiByte, bieten dafür aber auch eine höhere Praxisleistung pro Megahertz. Für RAM-Tuning sind CPU-seitig die Spannungen VCCIO und VCCSA relevant, für den DDR4-3800-Betrieb reichen uns allerdings die mit Hwinfo64 ausgelesenen, niedrigen Standardwerte von 1,00 und 0,80 Volt aus. Das RAM-Tuning bringt für sich allein in unseren Benchmarks bis zu 9 Prozent, oft aber gar keinen Vorteil – dank Quad-Channel-Interface ist der Datendurchsatz bereits bei niedrigen Taktraten hoch.

Die Kombination von Kern-, Mesh- und RAM-OC bringt die höchste Leistungssteigerung, welche auch die Summe der Einzelmaßnahmen übersteigt; am besten zu sehen ist das am Beispiel Quake Champions, dessen Framerate um 37 Prozent zulegt, von zwei Einzelmaßnahmen aber gar nicht profitiert. Der übliche Nachteil aller Overclocking-Maßnahmen: Der Energiebedarf steigt stärker als die Leistung, die Energieeffizienz sinkt. *(sw)*

Guter Partner für den i9-9980XE: Das Asus Rampage VI Apex bietet zwei 8-Pin-CPU-Strombuchsen, gut gekühlte Spannungswandler und viele OC-Optionen im UEFI-Menü.

Quake Champions (720p, max. Details)

i9-9980XE (Auto: 3,3-4,3 GHz Kerne, 2,7 GHz Mesh, DDR4-2666 15-15-15-35 1T)

	P99	Ø Fps
OC: Kerne, Mesh, RAM	269	318,1 (+37 %)
Kerne: 4,3 GHz (max. +30 %)	253	277,5 (+20 %)
RAM: DDR4-3800 (+43 %)	193	232,5 (+0 %)
Mesh: 3,1 GHz (+15 %)	195	232,0 (+0 %)
Auto	192	231,9 (Basis)

System: Asus Rampage VI Apex (UEFI 1602), 4 × 8 GiByte DDR4-RAM (dual-ranked), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Win 10 64 Bit v1803 (Build 17134), Geforce 416.94 WHQL

P99 Ø Fps ▶ Besser

KC: Deliverance – Leistungsaufnahme

i9-9980XE (Auto: 3,3-4,3 GHz Kerne, 2,7 GHz Mesh, DDR4-2666 15-15-15-35 1T)

	Watt
Auto	273 (Basis)
Mesh: 3,1 GHz (+15 %)	293 (+7 %)
RAM: DDR4-3800 (+43 %)	303 (+11 %)
Kerne: 4,3 GHz (max. +30 %)	310 (+14 %)
OC: Kerne, Mesh, RAM	364 (+33 %)

System: Asus Rampage VI Apex (UEFI 1602), 4 × 8 GiByte DDR4-RAM (dual-ranked), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Win 10 64 Bit v1803 (Build 17134), Geforce 416.94 WHQL

Watt ◀ Besser

Kingdom Come: Deliverance (720p, max. Details)

i9-9980XE (Auto: 3,3-4,3 GHz Kerne, 2,7 GHz Mesh, DDR4-2666 15-15-15-35 1T)

	P99	Ø Fps
OC: Kerne, Mesh, RAM	18	34,4 (+21 %)
Kerne: 4,3 GHz (max. +30 %)	16	31,1 (+10 %)
RAM: DDR4-3800 (+43 %)	16	29,9 (+5 %)
Mesh: 3,1 GHz (+15 %)	16	29,5 (+4 %)
Auto	16	28,4 (Basis)

System: Asus Rampage VI Apex (UEFI 1602), 4 × 8 GiByte DDR4-RAM (dual-ranked), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Win 10 64 Bit v1803 (Build 17134), Geforce 416.94 WHQL

P99 Ø Fps ▶ Besser

7-Zip: Leistungsaufnahme

i9-9980XE (Auto: 3,3-4,3 GHz Kerne, 2,7 GHz Mesh, DDR4-2666 15-15-15-35 1T)

	Watt
Auto	240 (Basis)
Mesh: 3,1 GHz (+15 %)	259 (+8 %)
Kerne: 4,3 GHz (max. +30 %)	273 (+14 %)
RAM: DDR4-3800 (+43 %)	278 (+16 %)
OC: Kerne, Mesh, RAM	340 (+42 %)

System: Asus Rampage VI Apex (UEFI 1602), 4 × 8 GiByte DDR4-RAM (dual-ranked), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Win 10 64 Bit v1803 (Build 17134), Geforce 416.94 WHQL

Watt ◀ Besser

7-Zip: Ca. 2,1 GB komprimieren

i9-9980XE (Auto: 3,3-4,3 GHz Kerne, 2,7 GHz Mesh, DDR4-2666 15-15-15-35 1T)

	Sekunden
OC: Kerne, Mesh, RAM	57 (-15 %)
RAM: DDR4-3800 (+43 %)	61 (-9 %)
Kerne: 4,3 GHz (max. +30 %)	62 (-7 %)
Mesh: 3,1 GHz (+15 %)	65 (-3 %)
Auto	67 (Basis)

System: Asus Rampage VI Apex (UEFI 1602), 4 × 8 GiByte DDR4-RAM (dual-ranked), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Win 10 64 Bit v1803 (Build 17134), Geforce 416.94 WHQL

Sekunden ◀ Besser

Cinebench R15: Leistungsaufnahme

i9-9980XE (Auto: 3,3-4,3 GHz Kerne, 2,7 GHz Mesh, DDR4-2666 15-15-15-35 1T)

	Watt
Auto	336 (Basis)
Mesh: 3,1 GHz (+15 %)	357 (+6 %)
RAM: DDR4-3800 (+43 %)	362 (+8 %)
Kerne: 4,3 GHz (max. +30 %)	418 (+24 %)
OC: Kerne, Mesh, RAM	466 (+39 %)

System: Asus Rampage VI Apex (UEFI 1602), 4 × 8 GiByte DDR4-RAM (dual-ranked), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Win 10 64 Bit v1803 (Build 17134), Geforce 416.94 WHQL

Watt ◀ Besser

Cinebench R15

i9-9980XE (Auto: 3,3-4,3 GHz Kerne, 2,7 GHz Mesh, DDR4-2666 15-15-15-35 1T)

	Punkte
OC: Kerne, Mesh, RAM	4.303 (+13 %)
Kerne: 4,3 GHz (max. +30 %)	4.261 (+12 %)
Mesh: 3,1 GHz (+15 %)	3.811 (+0 %)
RAM: DDR4-3800 (+43 %)	3.799 (+0 %)
Auto	3.799 (Basis)

System: Asus Rampage VI Apex (UEFI 1602), 4 × 8 GiByte DDR4-RAM (dual-ranked), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Fractal Design Celsius S36 @ 100 %; Win 10 64 Bit v1803 (Build 17134), Geforce 416.94 WHQL

Punkte ▶ Besser

Intel will Veränderung

In den nächsten 10 Jahren soll es bei der x86-Architektur mehr Innovationen geben als in den letzten 50 Jahren. Intel hat sich sehr viel vorgenommen – wir stellen die Pläne vor.

Bild: Nico Ernst

Im Bild ist ein Sunny-Cove-/Atom-Prototyp zu sehen. Die Sunny-Cove-Chiplets werden mit 10-Nanometer-Technik hergestellt, das Multichip-Modul-Design heißt Foveros.

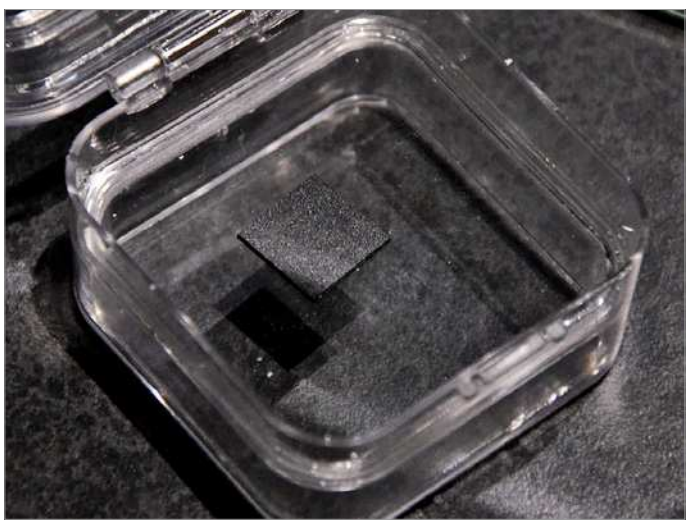


Bild: Nico Ernst

Im Bild sieht man ein Sunny-Cove-Chiplet. Intel bringt erste Produkte mit der neuen x86-Architektur Sunny Cove und den Ice-Lake-Designs Ende 2019.

Multichip-Module werden bald Mainstream, es gibt eine neue CPU-Architektur – und vor allem an der Grafik entwickelt Intel ständig weiter. Dahinter stecken neue, teils zurückgekehrte Mitarbeiter, die den Zen-Schock überwinden sollen. Die Frage ist nur, wie schnell das geht.

Intel reagiert auf AMD

„Wir haben uns gefragt: Wo sind wir führend, wo ganz gut – und wo liegen wir zurück?" Raja Koduri, Intels Chef für alle CPU- und GPU-Architekturen, redet in seiner Eröffnungsansprache zum ersten Architecture Day seines Unternehmens nicht lange um den heißen Brei herum. Intel liegt irgendwo zurück? Das hatte die Corporation lange nicht mehr zugegeben. Alles andere wäre ob der nun schon anderthalb Jahre anhaltenden Erfolge von AMDs Zen-Architektur aber auch völlig unglaubwürdig. Die rund 40 Journalisten aus aller Welt schauen sich erstaunt an, nicken – und hacken Koduris Satz gleich in ihre Notebooks. Statt früher, zum nach 20 Jahren 2016 abgeschafften IDF, 500 Schreiber für alle Themenbereiche einzuladen, hält Intel nun themenspezifische Presseveranstaltungen ab.

Historische Location

Zwei Wochen vor Weihnachten hat die Firma den kleinen Kreis ins Silicon Valley geflogen und die Inhalte der Veranstaltung wie auch den Ort vorher streng geheim gehalten. Kein schickes Convention Center, auch nicht die kalten Besprechungsräume der Konzernzentrale in Santa Clara – die früher Mitbegründer Robert Noyce gehörende Villa im kleinen Örtchen Los Altos sollte es sein. Das ist logistisch aufwendig und teuer, denn das 1939 erbaute und zuletzt wohl in den 1990ern grundrenovierte Haus gehört dem Unternehmen nicht einmal, es musste von den aktuellen Besitzern gemietet werden. Die im Valley auch als „Noyce Mansion" bekannte Anlage steht für 22 Millionen US-Dollar zum Verkauf und obwohl Intel sich das locker leisten kann, wird nur vage überlegt, es zu erwerben – das Geld sitzt nur an anderer Stelle locker, nämlich bei neu eingestellten Mitarbeitern. Da überzeugt zum Erhalt des Anwesens nicht einmal, dass das rund 160 Quadratmeter große Esszimmer Ende der 1960er-Jahre öfter als Sitzungszimmer des Intel-Vorstands diente.

Gen11 mit 1 TFLOPs

Investiert wird, so Raja Koduri, „nur in die besten Leute". Und auch wenn das überhaupt nicht die Art des bescheidenen Ingenieurs ist – er erscheint in Sportklamotten, nicht dem feinen Zwirn –, er könnte sich da leicht an die Spitze der Liste stellen. Als Urgestein von Ati hatte er später unter anderem lange Apples iPhone-SoCs designt, nicht nur, was den GPU-Teil betrifft. Und direkt vor seinem Job bei Intel war er AMDs Grafikchef, vor allem die aktuellen APUs entstanden unter seiner Leitung. Integration von Grafik in bestehende Designs ist Koduris Spezialität und unter seinen früheren Kollegen gilt er als Trüffelschwein: Jede Entwicklung, die sich schnell in Produkte umsetzen lässt, findet Koduri zielsicher. Es dürfte auf sein Konto gehen, dass Intel mit der Gen11 seiner integrierten GT2-GPUs gleich die Leistung auf 1 TFLOPs verdoppeln will und 2020 die erste moderne gesteckte Grafikkarte von Intel erscheinen soll. Unter dem Codenamen Xe wird eine GPU-Architektur mit 10 Nanometern Strukturbreite entwickelt, die in zwei Mikroarchitekturen mündet. Die Designs waren wohl da, es galt nur, sie schnell umzusetzen.

Da wundert es auch nicht, dass die andere, bei Intel neue Design-

ikone das bekräftigt. PC Games Hardware fragt Jim Keller, zuständig für CPU-Entwicklungen, wie lange es dauerte, aus der Fülle von Intels Entwicklungsteams die Konzepte herauszupicken, die schnell Produkte werden könnten. „Nicht sehr lange" ist die lapidare Antwort. Keller denkt nach: „Raja kam im Dezember, ich im April. Nach ein paar Wochen hatten wir dann raus, was wir tun müssen." Keller bezieht sich dabei auf die letzten 12 Monate.

Die beiden sind die großen Hoffnungsträger in Intels Entwicklungsabteilungen für PC-Produkte. Keller fiel in der Branche vor allem durch die eleganten K7- und K8-Designs von AMD auf, der daraus hervorgehende Athlon 64 tat Intel um die Jahrtausendwende so weh wie Zen jetzt – auch diese Architektur entwickelte Keller maßgeblich mit. Er hatte zuvor mit Koduri bei Apple gearbeitet. In einem anderen Bereich, in dem Intel aufholen muss, bringt Keller ebenfalls Expertise mit: Er arbeitete zuletzt bei Tesla an der Entwicklung von eigenen KI-Chips. In der Chipbranche gilt es als ausgemacht, dass die Idee der Chiplets, also verschiedenen Dies mit verschiedenen Strukturbreiten auf einem Träger, von Keller maßgeblich vorangetrieben wurde.

Sunny Cove Ende 2019

Diese Chiplets bringt nun aber zuerst AMD mit Zen 2 und dem Serverchip Rome wohl Mitte 2019 auf den Markt, bei Intel soll das noch bis Ende 2019 mit ersten Designs dauern. Konkret angekündigt wurde ein 10-nm-Chiplet (Sunny Cove + Atom) mit 22-nm-Interposer. Ende 2019 ist ohnehin spät und damit das klappt, ist Tempo gefragt. Auftritt Murthy Renduchintala, der frühere Chef der Halbleiterabteilung von Qualcomm – und nun Vorgesetzter von Koduri und Keller: „Einmal im Monat setzen wir uns für neun Stunden zusammen. Dabei kommt alles auf den Tisch, was funktioniert und was nicht funktioniert. Und wir treffen dann sofort Entscheidungen."

So ist auch zu erklären, warum es bis Ice Lake noch knapp ein Jahr dauert: Auf diese, vorher so nicht bekannte Architektur zu setzen, kann noch nicht lange feststehen. Die auf dem Architecture Day gezeigten A1-Steppings der Sunny-Cove-Chiplets sind nur einen Schritt weiter als die ersten funktionsfähigen Bausteine, first silicon oder A0-Stepping genannt. Das zu optimieren, die Ausbeute zu steigern und auf Takt zu bringen, dauert mindestens sechs Monate. Und dann müssen die bei Intel-Volumina üblichen Stückzahlen vor dem Verkaufsstart ja auch noch hergestellt werden. Eine weitere Enttäuschung wie beim in den ersten Monaten raren und viel zu teuren Core i9-9900K will Intel unbedingt vermeiden. Noch immer hängt das alles aber an der 10-Nanometer-Fertigung, denn die x86-Chiplets von Ice Lake sind dafür geplant. Dass die Fabs bis Mitte 2019 endlich richtig laufen, hält Intel inzwischen für sicher.

Intel wacht auf

Sofern die Produkte also wirklich halten, was Intel sich verspricht – und das ist vor allem eine noch höhere Pro-Takt-Leistung (IPC) –, müssen sie auch noch verkauft werden. Auch dafür gibt es Zuwachs: AMDs Marketingchef Chris Hook, der 2001 seine Karriere bei Ati begann, ist im April 2018 ebenfalls zu Intel gewechselt. Und wenig später auch der zu Unrecht weniger bekannte Jon Carvill, der ebenfalls Ati-Stallgeruch hat. Für ihn hat Intel gleich eine neue Position als Chef der „Technology Leadership" für Marketing und PR geschaffen.

Carvill, der für eine Vielzahl von Tech-Unternehmen in ähnlicher Position tätig war, gilt als sehr kreativer und bisweilen auch aggressiver Marketing-Profi. Das Gespann Hook/Carvill hat unter anderem die regelmäßigen Pressereisen an exotische Orte zur Vorstellung von neuen Grafikkarten erfunden. Das diente nicht nur dazu, auf die Journalisten Eindruck zu machen, sondern auch dazu, Leaks zu vermeiden, weil man die Kollegen alle weit weg von zu Hause besser unter Kontrolle hat und vorab kaum Informationen oder gar Hardware verschicken muss. Nvidia und viele andere haben das Konzept übernommen.

Im Vergleich zu solchen Aktionen waren das Setting und der Inhalt von Intels erstem Architecture Day immer noch wie in den letzten fünf Jahren Intel-typisch von Bescheidenheit geprägt oder sogar ein bisschen bieder. Aber die Corporation zeigt, dass sie nun aufgewacht ist, die Ingenieure und Marketingleute dürfen nun nach außen wieder zeigen, was sie können. Die Firmenkultur ändert sich offenbar wieder einmal. Die Zeiten eines stets auf Vollgas bedachten CTOs wie IDF-Erfinder Pat Gelsinger werden zwar nicht mehr zurückkommen, dafür hat sich der Markt zu sehr verändert. Aber die Ära der Innovation im Kriechgang, die im dritten Aufguss der Lake-Architekturen gipfelte, dürfte nun auch vorbei sein. Bei all den großen Plänen von Intel bleibt eigentlich nur zu hoffen, dass da auch AMD mithalten kann, damit die Produkte spannend bleiben und alle Nutzer immer schnellere und vielleicht auch endlich wieder im Schnitt günstigere Chips von beiden Anbietern bekommen. *(nie)*

Bild: Intel

Gen11: Die GT2-iGPU wird mit 512 statt 192 Shadern (Gen9) erheblich aufgebohrt. Mit dabei sind ein Tile-Based-Rasterizer, Adaptive-Sync und Coarse Pixel Shading.

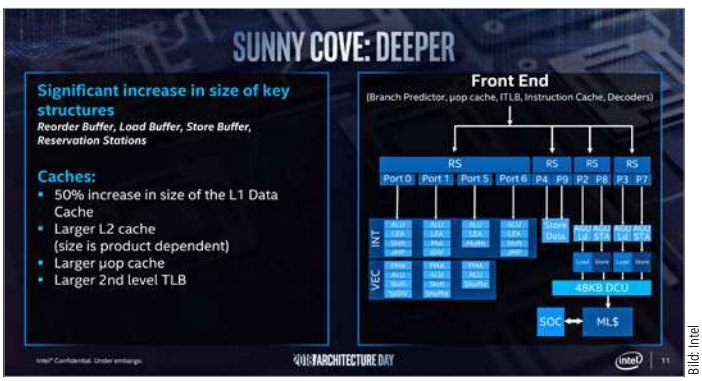


Bild: Intel

Sunny-Cove-Architektur: Vor allem der um 50 % auf 48 KiByte vergrößerte L1-Cache ist ein Fortschritt, auch der L2-Cache und der Übersetzungspuffer (TLB) wachsen.

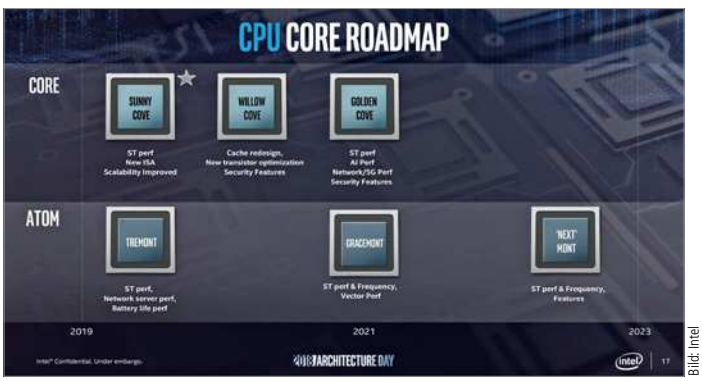


Bild: Intel

Die CPU-Roadmap für Intel Core und Atom: 2019 kommt Sunny Cove, gefolgt von Willow Cove (ca. 2020) und Golden Cove (2021).

Infrastruktur

Alexandros Bikoulis
Fachbereich Netzteile
E-Mail: ab@pcgh.de

Kommentar

So gut kennen wir uns nicht, warum wollt ihr dann meine persönlichen Daten?

Genau diese Frage habe ich mir kürzlich gestellt, als ich ein Produkt von Razer nutzen wollte. Nachdem ich nämlich die App für den gestylten Router Sila geladen hatte, zwang man mich auf meinem Mobiltelefon zu einer Anmeldung. „Jeder Router braucht eine Anmeldung, Sherlock!" Ja richtig, aber es wurde nicht nach dem Passwort für den Router gefragt, Watson. Stattdessen servierte man mir die Wahl zwischen Pest und Cholera: Ich sollte meinen Facebook- oder Google-Account mit der Datenbank von Razer verknüpfen, der „Einfachheit" wegen. Inwiefern wird der Login-Prozess jetzt einfacher? Anderes Beispiel, gleiche Leier: Nvidias Telemetriesammelwut und Geforce Experience. Da investiert man Unmengen Euros in die aktuellste GPU, bekommt das neuste Gimmick in Form von physikalisch korrekt berechneten Lichtstrahlen serviert und muss seine persönlichen Daten hergeben, wenn man einen Screenshot mit Ansel machen will. „DER Schlüssel zu erstklassigem Gaming" – Nein Nvidia, echt nicht. Eher der Schlüssel zu erstklassiger Kundenverarsche. Jaja, schon klar, dass manche Sachen ohne persönliche Informationen kaum funktionieren würden oder dass ich für ein kostenloses Produkt immer mit meinen Daten zahle – ob Google, Facebook oder Spotify spielt dabei keine Rolle. Dennoch wäge ich diese Entscheidung dann ab, ich entschließe mich dann also bewusst für oder gegen eine Datenkrake. Bei den hier beiden dargelegten Fällen ist das aber nicht so, denn ich hatte keine Wahl: Nirgends auf der Verpackung steht was über die Sammelwut und die Hardware finanziert sich auch nicht über meine Daten. Für mich stellt sich also die Frage, warum verschweigen Firmen wie Razer und Nvidia, dass sie so geil auf die persönlichen Daten ihrer Kunden sind? Die Konsequenz für mich: Hersteller die so agieren, bekommen schlechtere Noten. Selber Schuld.

Leicht, leise, leistungsfähig

Wählen Sie zwei dieser Eigenschaften. Das Prinzip galt bislang für Gaming-Notebooks. Mit Nvidias Max-Q-Grafik gelang den Herstellern dieses Jahr ein Kompromiss aus allen drei. Dell bietet mit dem Alienware m15 nun auch eine solche Alternative, ohne auf die typische Extravaganz zu verzichten.

Alienware-Produkte polarisieren, sie mag man eben oder auch nicht. Bei kaum einer anderen Notebook-Marke steht das Design so deutlich über der Funktion. Das beweist auch das nur 2,2 kg schwere m15. Im Vergleich mit ähnlichen dünnen Gaming-Notebooks wird hier nicht unbedingt um jedes Gramm gefeilscht oder die Lüfterlautstärke reduziert (und damit auch die Leistung). Bei gleicher Hardware-Ausstattung, also mit einem i7-8750HK und einer GTX 1070 Max Q, gibt es bereits Notebooks, die etwas leichter und auch etwas leiser sind. Für Fans der Marke oder Designs ist der Unterschied aber ein akzeptabler Kompromiss. Erfreulich ist, dass im 2D-Desktop-Betrieb das Notebook mit still stehenden Lüftern nahezu lautlos bleibt. In der Leistung macht Alienware keine Kompromisse: Die GTX 1070 taktet bis zu 1.417 MHz hoch, wobei per Alienware Command Center auch noch etwas übertaktet werden kann. Wie in ähnlichen Modellen ist hier ein IPS-Display in Full HD und 144 Hz verbaut, das eine gute Farbtreue und hervorragenden Kontrast von 1.300:1 bietet. Allein die Akkulaufzeit mit knapp drei Stunden im Powermark-Productivity-Test trübt das Bild etwas. Statt den hier getesteten 60 Wh des Akkus bietet Dell noch eine Option mit 90 Wh. Wie üblich bei der Marke ist das Alienware m15 kein Schnäppchen: unsere Konfiguration beläuft sich auf über 2.500 Euro. *(mc)*

Dell Alienware m15

Fazit: Alienware-Notebooks waren bislang immer dicke, schwere Schinken. Das m15 ist endlich ein mobiles Notebook, welches auch in Ausstattung und Leistung überzeugen kann. Die Optik muss man aber mögen.

Hersteller: **Dell**
Web: **www.alienware.de**
Preis: **Ca. € 2.570,-** | Preis-Leistung: **ausreichend**

⊕ Extravagante Optik	**Ausstattung**	**2,05**
⊕ Gutes IPS-Panel mit 144 Hz	**Eigenschaften**	**1,99**
⊖ Relativ teuer	**Leistung**	**1,73**
PCGH-Preisvergleich	Nur bei Dell direkt erhältlich	
WERTUNG	**1,84**	

Vorstellung Beyerdynamic Team Tygr

Der Kopfhörer-Spezialist Beyerdynamic erweitert das Angebot für Spieler. Das Team Tygr getaufte Bundle aus Kopfhörer und Mikrofon richtet sich primär an Online-Spieler und Streamer.

Der Name Beyerdynamic ist vielen Spielern ein Begriff und unter Audio-Fans wohlbekannt. Der in Heilbronn ansässige Hersteller hat sich auf Kopfhörer und Mikrofon-Technik spezialisiert und fertigt – häufig in Handarbeit – bereits seit den 1930er Jahren hochwertige Audiokomponenten. PC-Spielern ist Beyerdynamic insbesondere durch das edel klingende und außerordentlich bequeme Stereo-Headset MMX 300 bekannt, welches aktuell in der zweiten Generation für 300 Euro erhältlich ist. Das MMX 300 wird häufig als Referenz unter den Headsets gehandelt, auch wir zückten mehrfach unseren Top-Award.

Nun bekommt das MMX 300 Konkurrenz aus eigenem Hause, für 350 Euro können Sie das Bundle Team Tygr ordern. Dieses besteht aus dem brandneuen Kopfhörer Tygr 300 R und dem Standmikrofon Fox (Kostenpunkt als Einzelprodukt ca. 180 Euro). Das Tygr 300 R ähnelt dabei dem MMX 300 sehr stark und auch die Daten der verbauten 40-mm-Treiber sind identisch. Es gibt allerdings auch einige deutliche Unterschiede zwischen den Geräten. So ist das Kabel des Tygr 300 R fest am Hörer verbunden, auch eine Kabelfernbedienung wird nicht geboten. Außerdem ist das Tygr 300 R mit 270 Gramm minimal leichter als das MMX 300. Den größten Unterschied macht aber die Bauweise des Tygr 300 R und das mitgelieferte Fox-Mikrofon aus. Denn gegenüber dem geschlossenen MMX 300 ist hat das Tygr 300 R ein offenes Design. Luft kann also die Ohren erreichen, beim Tragen ist das freie Atmen der Lauscher sehr angenehm, auf der anderen Seite dringen aber auch Geräusche von Innen nach Außen und umgekehrt. Die Isolation des Tygr 300 R ist also deutlich schlecher als beim geschlossenen MMX 300. Der Bass ist aufgrund der Bauweise etwas weniger knackig, dafür wirkt das Klangbild luftiger und räumlicher. Der generelle, bisher erfahrene Höreindruck ist sehr gut.

Das mitgelieferte Fox Standmikrofon ist ein knapp 600 Gramm schwerer Brummer, das Gehäuse ist fast vollständig aus Metall gefertigt. Im Inneren verbirgt sich eine integrierte Soundkarte, per USB(-C-)Anschluss kann das Gerät mit PC, aber auch einer Konsole verbunden werden. Der Tygr-Kopfhörer wird wiederum per 3,5-mm-Klinke mit dem Mikrofon verbunden und durch die USB-Hardware verstärkt. Eine Mix-Funktion lässt Sie auf Wunsch die eigene Stimme hörern, die mit zwei wählbaren Verstärkerstufen sehr klar und verständlich aufgezeichnet wird. Ein ausführlicher Test ist für eine der kommenden Ausgaben geplant. *(pr)*

RGB, überall RGB

Enermax hat ab sofort das High-End-Gaming-Gehäuse Saberay White im Angebot, das nicht nur mit RGB-LEDs strahlen kann.

Das 60 Liter fassenden Gehäuse von Enermax ist für RGB-Fans fast schon ein Muss, denn es sind im Lieferumfang bereits drei SquA RGB-Lüfter und zwei nahtlose RGB-Streifen vorinstalliert. Durch den integrierten RGB-Controller lassen sich bis zu fünf adressierbare RGB-Geräte mit den eigenen Lichteffekten oder mit Motherboards von Asus, Asrock, MSI und Gigabyte (mit Adapter) über einen adressierbaren RGB-Header synchronisieren. Laut Enermax verfügt die eingebaute LED-Technologie über eine gleichmäßige Ausleuchtung ohne LED-Spots.

Das Gehäuse bietet viel Platz für verschiedene Montagepositionen für beispielsweise komplexe Wasserkühlungskreisläufe und erlaubt den Einbau von bis zu 6 × 2,5“ SSD/HDD oder 2 × 3,5“ HDD und 4 × 2,5“ SSD/HDD. Durch einen Netzteiltunnel ist das Innenleben aufgeräumt, der die Kabel und Speichermedien unterbringt. Es ist sogar möglich ein externes 5,25-Zoll-Gerät, wie beispielsweise bei einem klassischen DVD-Laufwerk oder einem Frontblenden-Controller, an der Vorderseite zu installieren. Die LED-RGB-Light-Show will ja auch begutachtet werden, weshalb ein 4 mm starkes Panoramafenster ein Seitenteil des Gehäuses ziert.

Für die Kühlung sorgen neben den bereits erwähnten Lüftern noch zwei Quick-Release-Frontblenden. Die Acryl-Frontblende kann gegen ein Mesh-Exemplar ausgetauscht werden. Darüber hinaus bietet das Gehäuse noch Platz für bis zu neun Lüfter und für Radiatoren bis zu 360 mm. Eine integrierte 3-stufige Lüftersteuerung ermöglich dem Nutzer noch eine optiomale Balance zwischen Kühlleistung und Lautstärke, die nach dem eigenen Gusto angepasst werden kann. Das Gehäuse Saberay White ist ab sofort zu haben, kostet 189,9 Euro und beinhaltet einen kostenlosen Monitorständer. *(ab)*

AM4-Platinen-Nachlese

AM4-CPUs erfreuen sich aus gutem Grund anhaltender Beliebtheit. Entsprechend weit gefächert ist das Interesse an passenden Unterbauten – wir testen vier weitere Mainboards für Ryzen.

An AMDs Sockel AM4 führt derzeit kein Weg vorbei. Weder in der Oberklasse, wo Intels 6- und 8-kernige K-Modelle zwar die Spieleleistungsspitze stellen, aber weiterhin zu Mondpreisen gehandelt werden, noch im Preis-Leistungs-Bereich, wo der Ryzen 5 2600 alles abräumt. Wann hat man das letzte Mal für 160 Euro eine CPU bekommen, die nicht nur ausreichende Leistung für alle aktuellen Spiele, sondern auch angemessene Reserven für die nächsten Jahre bietet? Selbst professionelle Anwender landen, wenn ihre Software nicht überdurchschnittlich stark von mehr als acht Kernen profitiert, schnell bei AMDs Einsteiger- und Mittelklasse-Sockel

AM4: Oben hui, aber unten?

Während die CPU-Frage ein „no brainer" ist, wird es beim Unterbau kompliziert. Zur Erinnerung: Die Ryzen-CPUs und -APUs integrieren zwar neben einer angemessenen Grafikkartenanbindung (CPUs: 16 PCI-Express-3.0-Lanes; APUs: deren 8) auch die Ressourcen für vier USB-3.0-Ports und eine 32-GBit/s-M.2-SSD (PCI-E 3.0 ×4). Die zugehörigen I/O-Hubs B450 und X470 bleiben aber hinter Intels B360 oder gar Z390 zurück und wirken mit ihren PCI-Express-2.0-Lanes antiquiert, obwohl ein nativer USB-3.1-Controller enthalten ist, auf den die Konkurrenz bis zu diesem Sommer verzichten musste. Im Low-End-Bereich bringt dieses Integrationsniveau einen geringfügigen Ausstattungsvorteil bei konstanten Kosten für die Mainboard-Hersteller, die Stromversorgung für die anspruchsvollen Prozessoren frisst diesen allerdings wieder auf.

Luxus-Mainboards scheitern beim Sockel AM4 dagegen schon an den technischen Möglichkeiten der Plattform. Im Einsteigersegment ist AMDs Ausstattung eher konkurrenzfähig und natürlich ist hier die Nachfrage seitens der Preis-Leistungs-bewussten Käuferschaft höher – entsprechend vielfältig ist das Angebot, dem wir mit unserem Test dreier weiterer B450-Mainboards Tribut zollen. Aus der AM4-Oberklasse nimmt dagegen nur ein X470-Vertreter an diesem Vergleich teil – eigentlich wollten wir Asrocks X470 Taichi ein Gigabyte X470 Aorus Ultra Gaming gegenüberstellen. Bis Redaktionsschluss waren von diesem aber ebensowenig Testmuster verfügbar wie vom B450 Aorus M.

PCI-Express: M.2 & Slots

Entsprechend große Unterschiede prägen unser Testfeld, vor allem bei den Erweiterungsmöglichkeiten. Dank X470 darf das Taichi seinen primären PCI-E-3.0-×16-Slot in zwei ×8-PEGs (PCI-E for Graphics) aufteilen und so Multi-GPU-Betrieb unterstützen; alle anderen Testteilnehmer sind auf eine ×16-Grafikkarte festgelegt. Außerdem stehen dem 100 Euro teureren Asrock deutlich mehr PCI-E-2.0-Lanes zur Verfügung: Neben dem X470 selbst ermöglicht ein PCI-Express-Switch netto die Anbindung von drei weiteren Endgeräten. Obwohl Asrock zwei native Lanes ungenutzt lässt (die Leiterbahnen führen zu freien Lötstellen, auf denen beim X470 Taichi Ultimate ein 10-GBit-LAN-Controller sitzt), reicht es für Gigabit- und W-LAN, zwei sharingfreie ×1-Slots und wahlweise einen ×4-Steckplatz oder eine zusätzliche (16-GBit/s-)M.2-SSD.

Folgende Produkte finden Sie im Test

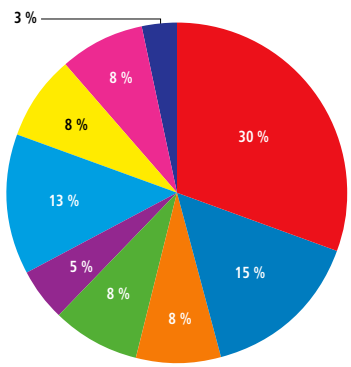
- **Asrock X470 Taichi**
- **Asus TUF B450-Plus Gaming**
- **Biostar Racing B450GT3**
- **MSI B450M Mortar Titanium**

Leider keine Seltenheit: Viele B450-Mainboards reduzieren die Vcore-Optionen auf grobe Offset-Werte. Angaben wie „Negative 2" wie bei Biostars B450 GT3 haben wir bislang aber noch nie gesehen.

Korrektur

In der Z390-Mainboard-Testtabelle der Ausgabe 12/18 gab es Verwechslungen bei der Ausstattungsbeschreibung: Nicht Asrocks Z390 Extreme4 verfügt über Anschlüsse für drei Temperatursensoren und einen Durchflussmesser, sondern Asus' Maximus XI Hero (Wi-Fi). Die Endnoten waren vom fehlerhaften Text nicht beeinträchtigt und haben Bestand.

Welche Mainboards soll PCGH testen?

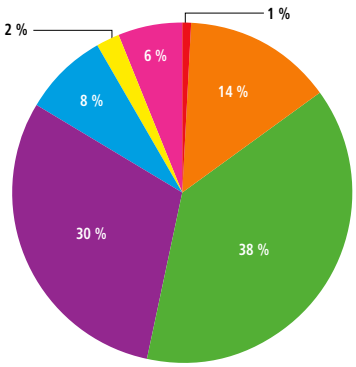


- Sockel AM4 ..... 30%
- Budget (diverse) 15%
- Sockel 1151 ..... 8%
- Sockel TR4 ..... 8%
- Sockel 2066 ..... 5%
- Luxus (diverse) 13%
- ITX (diverse) 8%
- µATX (diverse) 8%
- Sonstiges 3%

Teilnehmer: 119

Klares Ergebnis: PCGH-Community-Mitglieder begeistern sich vor allem für Sockel-AM4-Mainboards. Ein Testwunsch, den wir hiermit erfüllen möchten.

Wie viele USB-Ports soll ein Mainboard bieten?



- Keine (?!) 1%
- 1-3 ..... 0%
- 4-5 ..... 14%
- 6-7 ..... 38%
- 8-9 ..... 30%
- 10-11 ..... 8%
- 12-13 ..... 2%
- 14 oder mehr 6%

Teilnehmer: 206

Mehr geht natürlich immer – aber „genug" USB-Ports hat ein I/O-Panel in den Augen der PCGH-Community erst mit sechs, besser direkt acht USB-Anschlüssen.

Asrock X470 Taichi

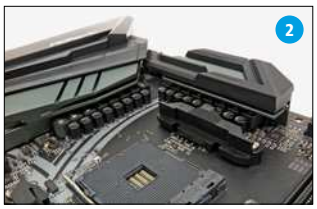
Als einziger X470-Testteilnehmer hatte das 220-Euro-Taichi den Testsieg gegen die 120-Euro-Konkurrenz quasi sicher, aber auch absolut erzielt es ein gutes Ergebnis und Platz 3 in der PCGH-Gesamtwertung. Gegenüber anderen X470-Modellen werden zwei zusätzliche SATA-Ports und die zweitniedrigsten Spannungswandler-Temperaturen geboten, vor allem aber gibt es außer dem Preis keine Kritikpunkte an Asrocks Platine.

2.0-PCI-E-Switch

Mit PCI-E-Switches können nicht nur zusätzliche Grafikkartenanschlüsse realisiert werden. Bei Asrock schaufelt der günstige 1:4 ASM1184e genug Ressourcen frei, um auf dem Taichi Ultimate einen zusätzlichen 10-Gigabit-LAN-Controller unterzubringen.

Kühle & starke Wandler

Spulenzähler werden Asrocks gedoppelte 6-Phasen-Stromversorgung für die CPU-Kerne samt 2×2 weiteren Wandlern für den Uncore-Bereich lieben. Nüchtern betrachtet ergeben sich eine großflächige Lastverteilung und sehr niedrige Temperaturen.



Ausstattung: Vollständig + WLAN

802.11ac, USB 3.1 vorn wie hinten, reichlich USB 3.0, die üblichen Erweiterungsslots und 8× SATA (davon 6× nativ) – die Ausstattung des X470 Taichi beinhaltet zwar keine ganz großen Highlights, mehr bietet im Sockel AM4 aber kaum einer und die meisten Anwender wären vermutlich mit deutlich weniger zufrieden.

Dieses 2.0-×4-Sharing-Arrangement finden wir auch beim B450 Mortar Titanium: Neben dem bei (fast) allen AM4-Mainboards (und allen unserer Testkandidaten) vorhandenen primären M.2-Slot mit vier PCI-Express-3.0-Lanes von der CPU verbaut MSI einen zweiten, der mit vier 2.0-Lanes vom I/O-Hub versorgt wird und somit bestenfalls halb so schnell arbeitet. Da der B450 aber insgesamt nur über sechs Lanes verfügt, muss das gleiche Viererpaket auch den ×4-Erweiterungsslot versorgen, eine gleichzeitige Nutzung beider Schnittstellen ist unmöglich. Kurioser und absolut überflüssig ist dagegen das zweite Lane-Sharing auf dem B450 Mortar Titanium: Beide ×1-Slots teilen sich eine 2.0-Lane, man kann also nur einen nutzen. Und da der obere an ATX-Slotposition 2 nahezu zwangsläufig unter dem Grafikkartenkühler verschwindet, während der untere an Position 3 deutlich seltener blockiert wird (und nur dann, wenn der obere bereits versperrt wurde), kann man getrost von einem einzigen nutzbaren ×1 an Position 3 sprechen. Diese Anordnung ist für ein Micro-ATX-Mainboard aber optimal, MSI nutzt sowohl die PCI-E-Ressourcen des B450 als auch den verfügbaren Platz bestmöglich.

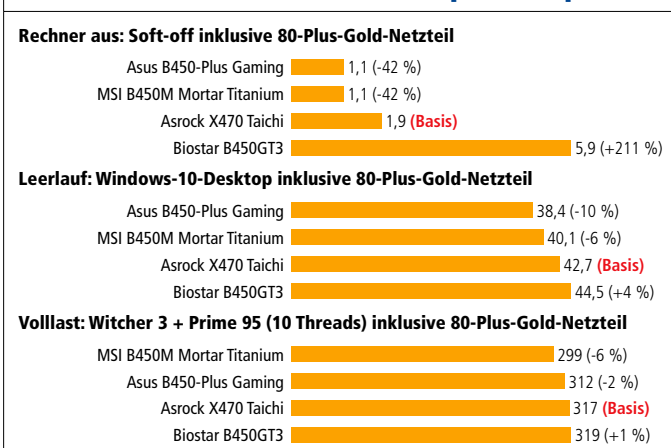
Biostar gelingt dies bei gleichem Slot-Layout und Format einen Tick schlechter: Beim B450GT3 teilt der ×4-Steckplatz zwei seiner Lanes mit beiden ×1-Slots. So können zusätzlich zu einer Single-Slot-Grafikkarte zwei ×1- und ein ×4-Erweiterung verbaut werden. Die bei MSI mögliche und bei Spielern wahrscheinlichere Kombination aus (Dual-Slot-) Grafikkarte, einmal ×1 und einmal ×4 ist beim B450GT3 dagegen ausgeschlossen, dabei hätte der B450 noch eine Lane übrig gehabt, die man exklusiv einem der beiden ×1 hätte zur Verfügung stellen können. Auch fehlt der zweite M.2-Slot als alternativer ×4-Sharing-Partner – in Anbetracht des günstigen Preises und verfügbaren PCI-E-×4-Slot-auf-M.2-Adaptern ist das aber nur ein Detail.

Eine Kombination aus beiden Ansätzen bietet Asus: Das B450-Plus Gaming hat dank ATX-Format wenig Probleme mit mechanischer Blockade und kombiniert das ×1/×2/×1<=>×0/×4/×0-Sharing des B450GT3 mit einem zusätzlichen ×1-Slot, sodass bis zu vier Erweiterungs- und eine Grafikkarte genutzt werden könnten. Eine zweite M.2-SSD würde aber auch hier eine Adapterkarte erfordern.

SATA

Die zweite Sharing-Baustelle findet sich bei den Laufwerksanschlüssen. MSI macht es sich einfach: Der B450 bietet viermal natives SATA, das B450M Mortar hat vier Ports – passt. Biostar und Asus bieten

Stromverbrauch: MSI & Asus Kopf an Kopf



System: Ryzen 7 1800X, Asus Strix GTX 1080 110% Power-, 91°C Temp.-Target; 2× 8 GiB DDR4-2666 **Bemerkungen:** MSIs AM4-Platinen haben wir schon oft für ihre Effizienz gelobt, diesmal liegt das B450-Plus quasi gleichauf mit dem Mortar Titanium

Asus TUF B450-Plus Gaming

In unserem letzten B450-Test fiel Asus' Mittelklasse-Modell Strix B450-F mit hohen Spannungswandlertemperaturen negativ auf – Grund genug, mal den darunter angesiedelten TUF-Gaming-Platinen auf den Zahn zu fühlen. Trotz einfacher aufgebauter Wandler-Sektion schlägt sich das B450-Plus dabei annehmbar, ist für gut 110 Euro aber vergleichsweise spartanisch ausgestattet.

Gerade-ebenso-ATX

Asus bietet das B450-Plus als TUF- und bis auf die Optik identische, 10 Euro günstigere Prime-Version an. Letzterer fehlt auch der 5 mm breite Deko-Fortsatz an der rechten Platinenkante, nur die TUF-Ausführung nutzt alle 9 ATX-Befestigungslöcher.

Ausreichende Kühlung

90 °C Spannungswandlertemperatur in einem stark belasteten Achtkern-System sind keine Meisterleistung, für ein 120-Euro-Mainboard aber okay. Probleme im Sommer sind unwahrscheinlich, mit einem Sechskerner bestehen sogar OC-Reserven.

Viel Freiraum, wenig Ressourcen

3

Ausreichend Abstand zwischen Grafik- und Erweiterungskarten respektive CPU-Sockel ist im ATX-Format keine Kunst. Das ändert aber nichts daran, dass Ryzen und B450 die vielen 2.0-Slots und SATA-Ports nur mittels Sharing versorgen können. Am I/O-Panel hätte Asus den Platz allerdings für Audio-/Video-Anschlüsse nutzen sollen.

dagegen einen fünften und sechsten Anschluss, die wie bei allen vergleichbaren B450-Platinen von der CPU bereitgestellt werden müssen. Zwar ist Ryzen hierzu fähig, die benötigten I/O-Lanes sollen aber eigentlich den primären M.2-Slot versorgen – wer eine flotte NVME-SSD nutzen will, bleibt also auf vier SATA-Geräte beschränkt. Oder aber er nimmt mehr Geld in die Hand und kauft beispielsweise das X470 Taichi: Dessen I/O-Hub bietet achtmal natives SATA und die Platine hat acht Anschlüsse. Passt? Nicht ganz: Tatsächlich werden zwei native Ports als SATA-Express-Schnittstelle für einen Onboard-USB-Zusatz-Controller genutzt; der siebte und achte SATA-Anschluss stattdessen von einem ASMedia-Chip bereitgestellt. Wer keine acht SATA-Laufwerke zu einem RAID-Verbund kombinieren möchte, bemerkt die Nutzung mehrerer Controller aber allenfalls bei der Treiberinstallation.

USB & I/O-Panel & Audio

Den zusätzlichen USB-3.1-Controller des X470 Taichi haben wir bereits erwähnt. Als einziger Testteilnehmer kann es dank diesem einen USB-3.1-Front-Header bieten, zusätzlich zu zwei Anschlüssen auf der Rückseite sowie vier respektive sechs USB-3.0-Ports. Mit gehörigem Abstand bietet MSIs B450M Mortar die zweitbeste USB-Ausstattung im Test – von ebenfalls acht externen Anschlüssen bieten zwei nur noch 2.0-Geschwindigkeit (z.B. für Maus und Tastatur), auch intern ist dies abgesehen von zweimal 3.0 die höchstmögliche Geschwindigkeit. Nahezu gleichauf liegt das B450-Plus Gaming, hier entfällt ein weiterer externer USB-3.0-Port ersatzlos. Mit zweimal 2.0, dreimal 3.0 und zweimal 3.1 ist das Angebot aber weiterhin zeitgemäß. Ungewöhnliches Detail: Asus führt beide 3.1-Anschlüsse im Typ-A-Format aus und dafür einen der 3.0er als Typ-C. Biostar dagegen wählt eine typische A+C-Kombination für 3.1, ergänzt um je zwei 3.0- und 2.0-Anschlüsse – Mittelklasse-Standard.

Ebenfalls in der Mittelklasse anzusiedeln ist der Onboard-Sound des B450GT3, dabei liegt die Platine preislich im Einsteigerbereich. Trotzdem wird ein ALC1150-Codec verbaut, während die Konkurrenz von MSI und Asus mit dem alten ALC892 vorliebnehmen muss. Asrock dagegen wertet für das Oberklasse-Taichi einen ALC1220 mit einem eigenen Verstärker auf.

Kühlung & Übertaktung

Noch mehr Vorsprung hat Asrock bei den Spannungswandlern. Der Anblick von 12+4 (Pseudo-)Phasen garantiert zwar keine optimale Spannungsversorgung, zeugt aber von Aufwand und das X470 Taichi ist auch kein Blender, sondern bietet echte High-End-Qualität, die den direkten Vergleich mit der Spitze unserer Rangliste nicht zu scheuen braucht. Tatsächlich erzielt Asrock die zweitbesten Spannungswandlertemperaturen überhaupt, obwohl die Kühlkörper eher design- denn funktionsoptimiert sind und teilweise von Plastikzierrat verdeckt werden.

Die B450-Konkurrenz tritt 100 Euro weiter unten sehr viel spartanischer an. Vier (echte) Phasen für die CPU-Kerne und zwei für Northbridge und IGP sind hier üblich – und sagen nichts über die Qualität der verbauten Bauteile, geschweige denn deren Kühlung aus. Letztere ist MSI erneut sehr gut gelungen; unter 70 °C Spannungswandlertemperatur kennen wir außer vom B450M Mortar Titanium nur von Platinen für über 200 Euro sowie einem 180-Euro-ITX-Modell und einem weiteren MSI-Design. Mit maximal 75 °C schlägt sich aber auch Biostar wacker – trotz der auf den ersten Blick einfach gehaltenen Wandler bekommt man hier für unter 100 Euro noch genug Reserven, um Achtkern-CPUs zu übertakten. Das UEFI stellt aber nur grundlegende Optionen bereit – mit MSI oder gar Asrock kann Biostar weiterhin nicht mithalten, auch wenn die Lüftersteuerung jetzt endlich auf den aktuellen Stand gebracht wurde.

Asus mutiert in dieser Hinsicht zum Schlusslicht des Testfeldes, so lassen sich Lüfter weiterhin nicht unter 20 Prozent regeln (aber ganz abschalten) und spätestens bei 75 °C CPU-Temperatur wird auf volle Drehzahl geschaltet. Im Kontrast zu

Biostar Racing B450GT3

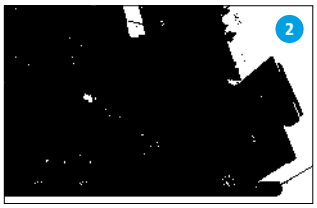
Seit Langem versucht Biostar, auch im Retail-Markt gegen die vier großen Mainboard-Hersteller einen Treffer zu landen. An der Hardware soll dies nicht scheitern und auch beim UEFI macht das B450GT3 Fortschritte, wie unser Test beweist. Aber ob ein für diese Preisklasse überdurchschnittlicher Audio-Codec reicht, um misstrauische Budget-Gamer von Asrock und MSI wegzulocken?

ALC1150 für unter 100 Euro

Einsteiger-Onboard-Sound bedeutet meist: alte Audio-Codecs ohne externe Verstärker oder sonstige Unterstützung. An letzteren beiden Punkten ändert auch Biostar nichts, aber der ALC1150 des B450GT3 war in der Skylake-Generation noch Referenzklasse.

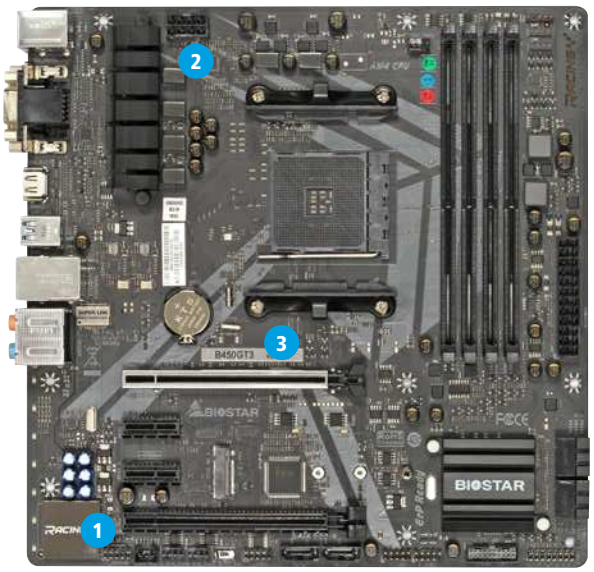
Spannungswandler okay

Ein profilierter, aber kleiner Kühler, auf die Hälfte der üblichen Fläche gequetschte Wandler, die ihre Last auf wenige Bauteile verteilen: Das B450GT3 ließ Schlimmes befürchten, überraschte dann aber mit guten Mittelklasse-Werten zum Budget-Preis.



Viele Anschlüsse, viel Sharing, ggf. Platzprobleme

Auch wenn AMD anderes behauptet: 6 aktive SATA-Ports gehen beim B450 mit Verzicht auf M.2 einher und auch zwei ×1-Slots zusätzlich zu einem ×4 sind nur mit Ressourcen-Sharing möglich. Die so von Biostar gebotene Flexibilität ist aber auch kein Nachteil – der geringe Abstand zwischen Sockel und Grafikkarten-Slot schon.

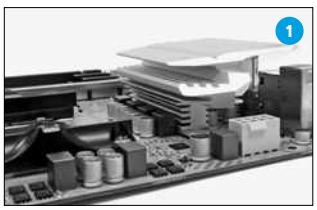


MSI B450M Mortar Titanium

Trotz RGB-Wahnsinn: „Gaming"-Mainboards sehen einander sehr ähnlich – mit Ausnahme von MSIs neuestem silbrig-weißen „Titanium"-Modell, das nebenbei auch zahlreiche neue Bestwerte für seine Klasse setzt. Abseits des Einsteiger-Audio-Codecs kennt es eigentlich nur eine Schwäche: Es ist bei Redaktionsschluss nirgendwo lieferbar im Gegensatz zum 10 Euro günstigeren normalen B450M Mortar in drögem Gaming-Schwarz.

Kühle Spannungswandler

MSIs 2018er-Riesen-Kühlkörper, die gleichzeitig als Abdeckung des I/O-Bereichs fungieren, haben wir seit dem ersten Auftritt im B360-H370-Test (PCGH 06/18) jedes Mal gelobt – und von der silbernen Version des B450M sind wir erneut begeistert.

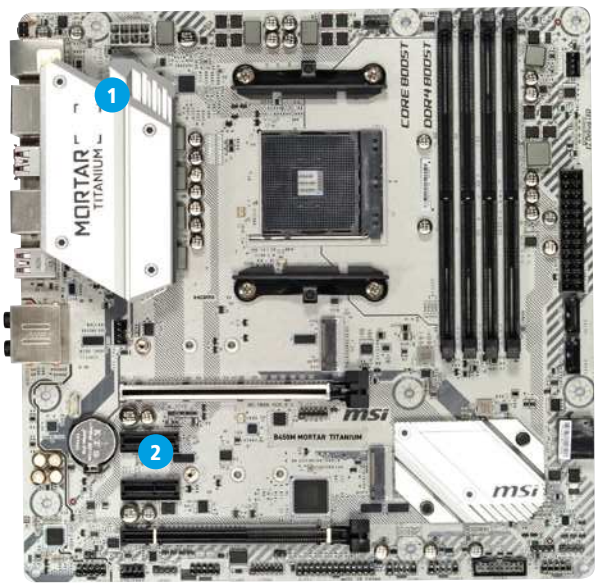


PCI-E ×0 noch sinnloser

Eine weitere MSI-Spezialität sind PCI-E-Slots, die alle ihre Lanes mit einem Nachbarn teilen. Beim B450M Mortar kann von zwei ×1-Steckplätzen immer nur einer aktiv sein – und dies wird aufgrund von Grafikkartenkühlern nie der obere sein.

Durchdachtes Layout, B450 voll ausgereizt

Das B450M Mortar bietet 2× USB 3.1, 6× 3.0, LAN, 4× SATA, 1× PCI-E 3.0 ×16, 1× 32-GBit/s-M.2, einen ×1-Slot, der auch bei Einbau einer Dual-Slot-Grafikkarte nutzbar ist, und eine 2.0-×4-Slot-oder-M.2-SSD-Kombination. Mehr geht mit Ryzen & B450 nicht und trotz Micro-ATX-Format bleibt sogar Platz für große CPU-Kühler.



PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

NUR DIGITAL

Ryzen & Radeon Sonderheft

Jetzt da: Das AMD-Sonderheft mit über 150 Seiten ist ab sofort verfügbar und vereint die besten PCGH-Artikel aus den Bereichen Test, Praxis und Wissen in einem CPU-, Mainboard und Grafikkarten-Special.

Mehr Infos unter www.pcgh.de/amd

Ab sofort verfügbar
als PDF, per App für iOS, Android bzw. Kindle Fire oder im Web-Browser.

Über 150 Seiten für 3,99 Euro! Mehr Infos unter www.pcgh.de/amd

Available on the App Store | JETZT BEI Google Play | Available on kindle fire

Digital-und-Print-Kombiabonnements der PC Games Hardware gibt's auf shop.pcgameshardware.de.
PC Games Hardware und alle digitalen Magazine auch im iKiosk, OnlineKiosk und im Pressekatalog erhältlich.

CMG
Computec Media Group

Sockel-AM4-Mainboards	X470 Taichi	B450M Mortar Titanium
Hersteller	Asrock (www.asrock.de)	MSI (www.msi.com)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 220,-/Note 2-	Ca. € 120,-/Note 1-
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1804323	www.pcgh.de/preis/1859022
I/O-Hub; UEFI-; Board-Revision	AMD X470; 1.50; 1.02	AMD B450; A2; 2.1
Gehäuse-Format; Höhe × Breite	ATX; 305 × 244 mm	Micro-ATX; 244 × 244 mm
Ausstattung (20%)	**2,74**	**3,99**
Speicherslots	4× DDR4	4× DDR4
PCI-E-Standard*	–/3.0/–/2.0/3.0/2.0/2.0	3.0/2.0/2.0/2.0
PCI-E-Verteilungsoptionen, CPU-Lanes (APU ***)***	–/×16/–/–/×0/–/– oder –/×8/–/–/×8/–/– (–/×8/–/–/–/–/–)	×16/–/–/– (×8/–/–/–)
PCI-E-Verteilungsoptionen, I/O-Hub-Lanes*	–/–/–/×1/–/×1/×4	–/×0/×1/×4 oder –/×1/×0/×4
SATA	8× 6 GBit/s (6× X470; 2× ASM1061)	4× 6 GBit/s (4× B450)
NVME, Anbindung ***	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4; 1× M.2 m-Key, PCI-E-2.0-×4 (deaktiviert ×4-Slot)	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4; 1× M.2 m-Key, PCI-E-2.0-×2 (deaktiviert ×4-Slot)
Onboard-LAN & Wireless	1× GBit (Intel I211-AT) & 802.11 ac; Bluetooth 4.2 (Intel 3168NGW)	1× GBit (Realtek 8111H) & –
Monitor-Anschlüsse	HDMI	HDMI/Display Port
USB extern/intern	2×/1× USB 3.1 (davon 1× Typ-C extern/1× USB-3.1-Front-Panel-Header intern); 6×/4× USB 3.0; 0×/5× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon 1× Typ-C extern); 4×/2× USB 3.0; 2×/4× USB 2.0
Legacy-Schnittstellen extern/intern	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port; COM-Header; LPT-Header
Sound-Chip; Audio-Aus-/-Eingänge	Realtek ALC1220; 7.1, optisch/1× Stereo	Realtek ALC892; 7.1, optisch/1× Stereo
Kopfhörer-Verstärker/DTS oder DDL/ externer DAC	Ja/ja/nein	Nein/nein/nein
Lüfteranschlüsse	5× 4-Pin PWM	4× 4-Pin PWM
Sonstige Anschlüsse & sonstige Ausstattung	2× RGB-LED-Streifen; 1× adressierbarer LED-Streifen (5 V) **&** Statussegmentanzeige; Clear-CMOS-Schalter am I/O-Panel; regelbare RGB-Beleuchtung	2× RGB-LED-Streifen **&** Status-LEDs; Clear-CMOS-Jumper; regelbare RGB-Beleuchtung
Beiliegend	4× SATA-Kabel; HB-SLI-Brücke; (knappes) Handbuch Deutsch	2× SATA-Kabel; Handbuch Englisch
Eigenschaften (20%)	**1,90**	**2,60**
Abstand CPU <> 1./2. RAM-Slot; <> Spannungswandlerkühler links/ oben**	73/82 Millimeter; 76/62 Millimeter	74/83 Millimeter; 74/– Millimeter
Abstand CPU <> PCI-E-×16; PEG 1 <> 2**	84 Millimeter; 2 Slots	87 Millimeter; – (nur ein PEG)
CPU-Multiplikator/aktive Kernzahl/ Referenztakt	Anheb- und absenkbar/einstellbar/einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/nicht einstellbar
Vcore adaptiv/Offset nach oben/nach unten/Vdroop-Gegenmaßnahme	Nein/ja/ja/ja, konfigurierbar. Bereich: 0,9 bis 1,6 Volt	Nein/nein/nein/ja, konfigurierbar. Bereich: 0,9 bis 1,6 Volt
SoC-/IOH-Spannung	Einstellbar/einstellbar	Einstellbar/nicht einstellbar
Maximal wählbarer RAM-Takt; -Spannung	DDR4-4000; 1,80 Volt	DDR4-4200; 2,00 Volt
Lüftersteuerung	4,5-Punkt-Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter; min. 0% PWM	4-Punkt-Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter; min. 0% PWM
Virtualisierung SVM/IOMMU	Aktivierbar/aktivierbar	Aktivierbar/aktivierbar
Stabilitäts- & Praxis-Probleme	Keine	Keine
Leistung (60%)	**1,90**	**1,91**
Realer Referenztakt (CPU-Z)	99,98 MHz	99,94 MHz
Witcher 3, 1080p, kein AA/AF	116,7 Fps	117,8 Fps
Lightroom 5.6, Export 30 RAWs	119,7 Sekunden	117,6 Sekunden
AIDA Memory Bench – Kopierrate	38.843 MB/s	40.366 MB/s
Boot-Zeit Desktop Windows 10	25,6 Sekunden	22,8 Sekunden
Temperatur Spannungswandler l./o./IOH* **	52/49/37 °C	67/48/40 °C
Stromverbrauch** Soft-Off/Leerlauf/Last*** **	1,9/42,7/317 Watt	1,1/40,1/299 Watt
FAZIT	⊕ Gute Ausstattung (X470); kühle Spannungswandler; relativ wenig PCI-E-Sharing	⊕ Relativ kühle Spannungswandler; gutes Layout ⊖ Einfacher Onboard-Sound
	Wertung: **2,07**	Wertung: **2,46**

Testsystem: Ryzen 7 1800X, Asus Strix GTX 1080 110% powertarget, 91°C temptarget, 2× 8 GiB HyperX DDR4-2666; Samsung 960 Pro 512 GB; EKL Alpenföhn Matterhorn Pure bei 1.300 U/min. *ATX-Slot-Positionen 1/2/3/4/5/6/7, beginnend mit erster Öffnung neben I/O-Panel; PCI-E-Geschwindigkeitsangaben mit Ryzen-R7-CPU (Summit Ridge). Funktionsumfang mit A-Serien-APUs (Bristol Ridge) ist reduziert. **Ab Sockel-Mitte. Nur Spannungswandlerkühlerteile >2,5 cm. ***Spannungswandler „links" des Sockels respektive „oben" darüber. Prime95 27.7 + Witcher 3 hohe Details, Messung auf Platinenrückseite, normiert auf 20 °C Umgebungstemperatur. ****Ganzes System mit Ryzen 7 1800X und Asus GTX 1080 an Seasonic-80-Plus-Gold-Netzteil. *****Athlon 200GE abweichend

teureren Asus-Platinen sind beim TUF B450-Plus Gaming auch die Übertaktungsoptionen beschnitten, vor allem die Beschränkung auf maximal 0,37 V Vcore-Anhebung ist untypisch für den Hersteller, der sonst Extrem-Übertakter um sich schart. Mit 90 °C Spannungswandlertemperatur bei 20 °C Umgebung und einem voll, aber noch nicht extrem ausgelasteten Ryzen 7 1800X fehlen dem B450-Plus aber ohnehin hardwareseitig die nötigen Reserven für ambitioniertes Übertakten. Achtkern-Besitzer sollten lieber in der Nähe der AMD-Spezifikationen bleiben – haben im Gegensatz zum teureren ROG B450-F Gaming aber knapp ausreichend Reserven für wärmere Jahreszeiten. Preislich passt das TUF B450-Plus ohnehin eher zu einem genügsamen Ryzen 5 2600, für den die Spannungswandler ausreichen sollten. Im Gegensatz zur Konkurrenz von Biostar und MSI vernachlässigt Asus im Gegenzug nicht die Kühlung der SoC-Wandler. Wer den Grafik-Bereich einer APU übertakten möchte, stellt an dieser Stelle deutlich höhere Anforderungen als unser Testszenario und könnte beim B450M Mortar und B450GT3 erhöhte Temperaturen entlang der Mainboard-Oberkante beobachten.

Zusammenfassung

Unangefochtener Sieger dieses Vergleichs ist Asrocks X470 Taichi, das mit einem unfairen Vorsprung ins Rennen ging. Seinen echten Gegnern, dem Gigabyte X470 Gaming WIFI, Asus Crosshair VII Hero Wi-Fi und MSI X470 Gaming M7 AC bleibt es sehr dicht auf den Fersen, kann diese aber nur bei zwei zusätzlichen SATA-Anschlüssen und dem leicht geringeren Preis überholen. Echten Luxus-Features wie Sabre-DAC, erweiterten Diagnose- und Überwachungsfunktionen stellt Asrock bei der 40 Euro teureren Taichi-Ultimate-Ausführung 10-Gigabit-LAN gegenüber, das normale Taichi ist einfach „nur" gute Oberklasse und die richtige Wahl für alle, denen die Spannungswandler des Asus X470-Pro (170 Euro) zu warm sind.

MSIs B450M Mortar Titanium trägt sein Alleinstellungsmerkmal sehr offen zur Schau: Das Design ist einfach ein Hingucker und auch wenn wir Optik nicht benoten können

– die 10 Euro Aufpreis gegenüber dem normalen B450M Mortar wäre uns der Look wert. Aber auch technisch überzeugt MSI mit oberklassetauglichen Spannungswandlertemperaturen und einem Layout, das unserer bisherigen Micro-ATX-AM4-Empfehlung in Form des Asrock B450M Pro4 klar überlegen ist. Letzteres punktet zwar weiterhin mit seinem sehr niedrigen Preis und kühlt auch die sekundären Wandler, was APU-Übertakter freuen würde. Beim CPU-Einsatz spielt MSI aber genauso klar eine Klasse höher wie beim Preis.

Ebenfalls ein potenzieller B450M-Pro4-Konkurrent ist Asus' B450-Plus Gaming. Im Gegensatz zum großen Strix-Bruder leistet es sich keine besondere Schwäche, sondern bietet normales Einsteiger-Niveau und lässt sich dank ATX-Format leichter erweitern als viele Billig-Angebote. Derzeit kostet es aber beinahe so viel wie die AM4-Mittelklasse, mit der es nur bedingt mithalten kann.

Getrost zur Einsteiger-Klasse kann man das Biostar B450GT3 zählen – sowohl Preis als auch Design lassen wenig erwarten. Mit seinem akzeptablen Layout, der besseren Spannungswandlerkühlung und dem deutlich besseren Onboard-Sound erhebt es sich in der Praxis aber stellenweise deutlich über Einsteigerniveau und hätte nicht nur zum B450M-Pro4-Killer das Zeug. Einen Strich durch die Rechnung machen die eingeschränkten (OC-)Optionen im UEFI, 3–4 Prozent Rückstand im Witcher-3-Benchmark und ein verdreifachter Soft-Off-Stromverbrauch. Wer mit diesen Einschränkungen leben kann respektive sie durch händisches Feintuning kompensiert, der erhält hier ein erstaunlich erwachsenes Mainboard für unter 100 Euro. *(tv)*

Fazit

Billig ist nicht gleich günstig

Die Attraktivität der AM4-CPUs hängt nicht zuletzt am niedrigen Preis – hierzu passende und trotzdem gute Mainboards anzubieten ist vor allem im Einsteigersegment eine Kunst. Unsere Testteilnehmer setzen zwar eigene, interessante Akzente, die bisherigen Spar- und Preis-Leistungs-Tipps können sie aber nicht vom Thron stoßen.

Sockel-AM4-Mainboards	B450-Plus Gaming	B450GT3
Hersteller	Asus (www.asus.de)	Biostar (www.biostar-europe.com)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 120,-/Note 2+	Ca. € 100,-/Note 1-
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1843527	www.pcgh.de/preis/1859190
I/O-Hub; UEFI-; Board-Revision	AMD B450; 0601; 1.02	AMD B450; B45AS725; 6.0
Gehäuse-Format; Höhe × Breite	ATX; 305 × 244 mm	Micro-ATX; 244 × 244 mm
Ausstattung (20%)	**4,42**	**3,94**
Speicherslots	4× DDR4	4× DDR4
PCI-E-Standard*	–/3.0/–/2.0/2.0/2.0/2.0	3.0/2.0/2.0/2.0
PCI-E-Verteilungsoptionen, CPU-Lanes (APU ***)***	–/×16/–/–/–/– (–/×8/–/–/–/–)	×16/–/–/– (×8/–/–/–)
PCI-E-Verteilungsoptionen, I/O-Hub-Lanes*	–/–/–/×0/×4/×0/×1 oder –/–/–/×1/×2/×1/×1	–/×0/×0/×4 oder –/×1/×1/×2
SATA	6× 6 GBit/s (4× B450; 2× CPU/APU)	6× 6 GBit/s (4× B450; 2× CPU/APU)
NVME, Anbindung *****	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA)	1× M.2 m-Key, PCI-E-3.0-×4 (deaktiviert 2× SATA)
Onboard-LAN & Wireless	1× GBit (Realtek 8111H) & –	1× GBit (Realtek 8111AS) & –
Monitor-Anschlüsse	HDMI/DVI-D	HDMI/DVI-D/D-Sub
USB extern/intern	2×/0× USB 3.1; 3×/2× USB 3.0 (davon 1×/0× Typ-C); 2×/4× USB 2.0	2×/0× USB 3.1 (davon 1× Typ-C extern); 2×/2× USB 3.0; 2×/4× USB 2.0
Legacy-Schnittstellen extern/intern	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port; COM-Header	PS/2-Maus-oder-Tastatur-Flex-Port; COM-Header
Sound-Chip; Audio-Aus-/Eingänge	Realtek ALC887; 5.1/1× Stereo	Realtek ALC1150; 7.1/Eingang ×2
Kopfhörer-Verstärker/DTS oder DDL/ externer DAC	Nein/nein/nein	Nein/nein/nein
Lüfteranschlüsse	5× 4-Pin PWM	3× 4-Pin PWM
Sonstige Anschlüsse & sonstige Ausstattung	2× RGB-LED-Streifen & Clear-CMOS-Jumper; regelbare RGB-Beleuchtung	2× RGB-LED-Streifen & Clear-CMOS-Jumper; regelbare RGB-Beleuchtung
Beiliegend	2× SATA-Kabel; (knappes) Handbuch Englisch	4× SATA-Kabel; Handbuch Englisch
Eigenschaften (20%)	**2,70**	**3,05**
Abstand CPU <> 1./2. RAM-Slot; <> Spannungswandlerkühler links/ oben**	72/81 Millimeter; – (21 mm flach)	72/81 Millimeter; 86/– Millimeter
Abstand CPU <> PCI-E-×16; PEG 1 <> 2**	89 Millimeter; – (nur ein PEG)	76 Millimeter; – (nur ein PEG)
CPU-Multiplikator/aktive Kernzahl/ Referenztakt	Anheb- und absenkbar/einstellbar/nicht einstellbar	Anheb- und absenkbar/einstellbar/einstellbar
Vcore adaptiv/Offset nach oben/nach unten/Vdroop-Gegenmaßnahme	Nein/ja/ja/ja, konfigurierbar. Nur Offset -0,5 bis +0,37 V	Nein/ja/nein/nein. Nur Offset bis +0,5 Volt
SoC-/IOH-Spannung	Einstellbar/einstellbar	Einstellbar/nicht einstellbar
Maximal wählbarer RAM-Takt; -Spannung	DDR4-4200; 1,80 Volt	DDR4-4200; Offset +0,3 V
Lüftersteuerung	3-Punkt-Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter; minimal 20% PWM	4,5-Punkt-Kurve konfigurierbar; CPU + weitere Lüfter; min. 0% PWM
Virtualisierung SVM/IOMMU	Aktivierbar/aktivierbar	Aktivierbar/aktivierbar
Stabilitäts- & Praxis-Probleme	Keine	Keine
Leistung (60%)	**2,27**	**2,41**
Realer Referenztakt (CPU-Z)	99,76 MHz	99,76 MHz
Witcher 3, 1080p, kein AA/AF	117,2 Fps	112,1 Fps
Lightroom 5.6, Export 30 RAWs	117,2 Sekunden	118,7 Sekunden
AIDA Memory Bench – Kopierrate	40.509 MB/s	40.242 MB/s
Boot-Zeit Desktop Windows 10	24,7 Sekunden	23,2 Sekunden
Temperatur Spannungswandler l./o./IOH* **	90/51/41 °C	75/48/36 °C
Stromverbrauch** Soft-Off/Leerlauf/Last*** **	1,1/38,4/312 Watt	5,9/44,5/319 Watt
FAZIT	⊕ Für ATX günstig ⊖ Heiße Spannungswandler; eingeschränkte Vcore-Optionen	⊕ Günstig; vollwertiger Audio-Codec ⊖ Spieleleistung etwas schlechter
	Wertung: **2,79**	Wertung: **2,85**

Testsystem: Ryzen 7 1800X, Asus Strix GTX 1080 110% powertarget, 91°C temptarget; 2× 8 GiB HyperX DDR4-2666; Samsung 960 Pro 512 GB; EKL Alpenföhn Matterhorn Pure bei 1.300 U/min. *ATX-Slot-Positionen 1/2/3/4/5/6/7, beginnend mit erster Öffnung neben I/O-Panel, PCI-E-Geschwindigkeitsangaben mit Ryzen-R7-CPU (Summit Ridge). Funktionsumfang mit A-Serien-APUs (Bristol Ridge) ist reduziert. **Ab Sockel-Mitte. Nur Spannungswandlerkühlerteile >2,5 cm. ***Spannungswandler links' des Sockels respektive „oben" darüber, Prime95 27.7 + Witcher 3 hohe Details. Messung auf Platinenrückseite, normiert auf 20 °C Umgebungstemperatur. ****Ganzes System mit Ryzen 7 1800X und Asus GTX 1080 an Seasonic-80-Plus-Gold-Netzteil. *****Athlon 200GE abweichend

Bild: pixabay

Alles zum halben Preis

Der neue QLC-NAND-Flash erhöht die Speicherdichte und lässt den Preis pro Gigabyte für SSDs schrumpfen. Wir vergleichen die neuen mit alten, noch immer aktuellen Modellen.

Endlich sinken die Preise für SSDs wieder. Während viele etablierte Modelle binnen eines Jahres nur noch halb so viel kosten, kommen neue Modelle mit günstigem QLC-Flash auf den Markt. Sowohl die SATA- als auch die PCI-Express-3.0-Schnittstelle wird bereits von aktuellen SSDs ziemlich gut ausgereizt. Samsung ist bei den NVMe-SSDs nicht mehr der einzige Hersteller, der mit vier PCI-E-Lanes bis zu 3,5 GB/s erreicht. Und unter den SATA-SSDs schaffen selbst Billigmodelle einen Durchsatz über 500 MB/s. Es wird also kaum noch größere Leistungssprünge mit diesen Schnittstellen geben. Vielmehr wird nun an der Speicherdichte und damit am Preis gefeilt. Eine Maßnahme, mehr Speicher in die Chips zu packen, ist, die NAND-Zellen vertikal zu stapeln, was üblicherweise 3D-NAND genannt wird. Noch immer sind Modelle mit planarem 2D-NAND im Handel, die aber in Sachen Leistung oder Haltbarkeit nicht unbedingt schlechter sind. Dem Verbraucher kann die Hochstapelung daher eigentlich egal sein. Samsung nennt diese übrigens Vertical NAND (V-NAND), um sich von der Konkurrenz abzusetzen. Das Prinzip ist jedoch dort das Gleiche. Mit jeder Chip-Generation wachsen die Schichten etwas mehr. Die aktuelle besteht größtenteils aus 64 Lagen, Toshiba aber bietet bereits 96 Lagen. Jeder Hersteller spricht von leichten Leistungsschüben mit jeder neuen Lage, allerdings sind der Controller einer SSD und die Anzahl der Anbindungen zu den Flash-Chips für die tatsächlich resultierende Lese- und Schreibleistung des Laufwerks zuständig. Da in SSDs mit geringer Kapazität, bis ca. 250 GB, auch weniger Flash-Chips am Controller hängen, gibt es auch Leistungsunterschiede zum gleichen Modell mit höherer Kapazität.

Folgende Produkte finden Sie im Test

- **Adata XPG Gammix S5 (512 GB)**
- **Adata XPG SX8200 Pro (512 GB)**
- **Adata XPG SX950U (480 GB)**
- **Corsair Force Series MP510 (960 GB)**
- **Crucial BX500 (240 GB, 480 GB)**
- **Crucial MX500 (1.000 GB)**
- **Crucial P1 SSD (1.000 GB)**
- **Gigabyte SSD (256 GB)**
- **Intel 760p (512 GB)**
- **Intel SSD 660p (512 GB)**
- **Kingston Hyper X Fury RGB (480 GB)**
- **Mushkin Source (500 GB)**
- **Samsung SSD 860 Evo (1.000 GB)**
- **Samsung SSD 860 QVO (2.000 GB)**
- **Samsung SSD 970 Evo (1.000 GB)**
- **Samsung SSD 970 Pro (512 GB)**
- **Teamgroup T-Force Delta RGB SSD (500 GB)**
- **Toshiba XG6 (1024 GB)**
- **WD Black NVMe (1.000 GB)**

Bild: Teamgroup

Überall LEDs im PC, nun auch die SSDs: Die Teamgroup T-Force Delta RGB SSD leuchtet in mehreren Farben gleichzeitig.

Bild: Kingston

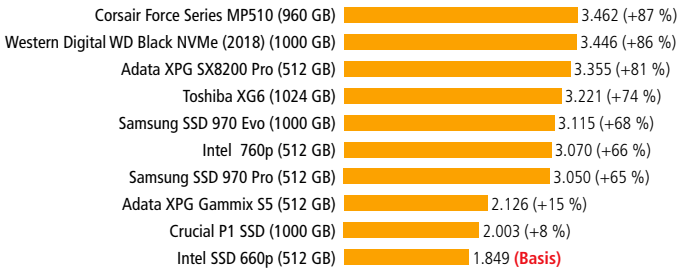
Insgesamt 75 LEDs sitzen auf der Platine der Kingston Hyperx Fury RGB SSD. Mit 12-Volt-Anschluss wird sie bis zu 70 Grad warm.

QLC-NAND: Vier Bit pro Zelle

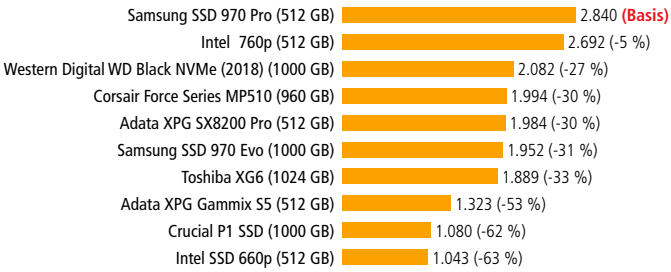
Seit Herbst 2018 sind SSDs mit QLC-NAND auf dem Markt. QLC (Quadruple Level Cell) bedeutet, dass pro Zelle nun vier Bit gespeichert werden. Der aktuelle Mainstream besteht noch immer aus TLC-Flash (Triple Level Cell, 3 Bit), vereinzelt gibt es noch MLC-Chips (Multi Level Cell, 2 Bit). Mit steigender Speicherdichte sinkt zwar der Preis der Chips, jedoch auch die Anzahl der Schreibzyklen, die eine Zelle verträgt. Die Hersteller müssen wegen den nunmehr 16 unterschiedlichen Spannungsniveaus mit einer umso aufwendigeren Fehlerkorrektur immer tiefer in die Trickkiste greifen. Eine totgeschriebene Zelle bedeutet noch keinen Totalausfall der SSD, dennoch werden mit QLC-Chips Maßnahmen wie Wear Leveling oder Überproportionierung immer wichtiger. Aktuell gibt es zwei SATA- und zwei PCI-Express-Modelle mit QLC-Speicher, die dementsprechend eher mit Quantität und Preis anstatt mit Qualität und Haltbarkeit punkten wollen. Drei der vier Modelle werden hier getestet, es fehlt leider noch die Adata SU930, die mit nur zwei Jahren Garantie das Minimum der Low-End-Modelle von drei Jahren Garantie erstmals unterbietet. Bedenken bezüglich der Haltbarkeit gab es schon vom Generationenwechsel von MLC auf TLC. Letztere haben sich aber mittlerweile bewährt und die Hersteller geben hier bis zu fünf Jahre Garantie. Der QLC-Speicher muss sich das Vertrauen des Verbrauchers erst noch verdienen. Denn mehr Bit pro Zelle sind laut Hersteller nicht in Sicht.

PCI-E-SSDs: „Bis zu"-Leistung

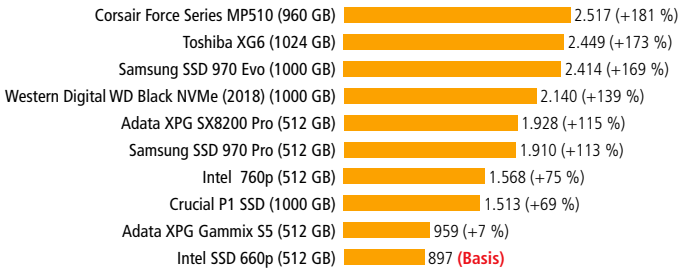
Seq. Leseleistung (Atto Disk Benchm.) unkomprimierte Daten



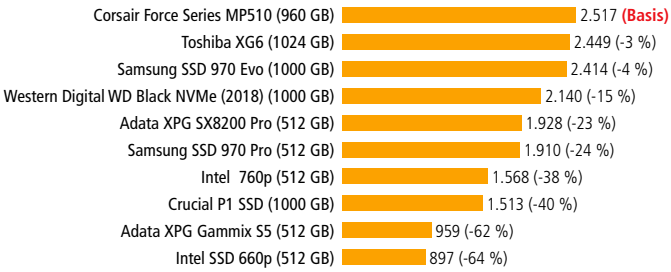
Seq. Leseleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten



Seq. Schreibleistung (Atto Disk Benchm.) unkomprimierte Daten



Seq. Schreibleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten

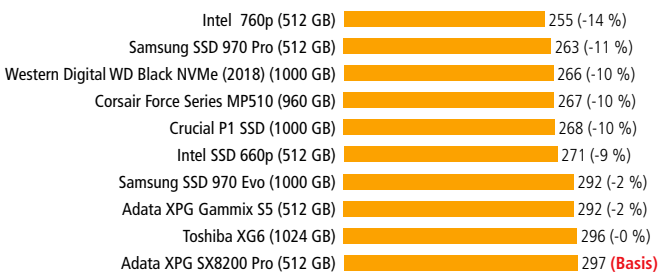


System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809
Bemerkungen: Samsung hat ordentlich Konkurrenz bekommen und ist nicht mehr überall an der Spitze.

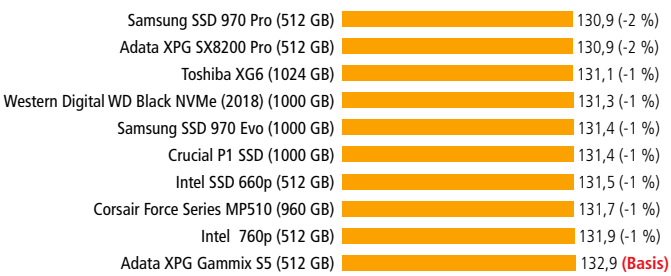
MB/s
▶ Besser

Praxisleistung der PCI-E-SSDs: Kaum Unterschiede, höchstens im Schreiben

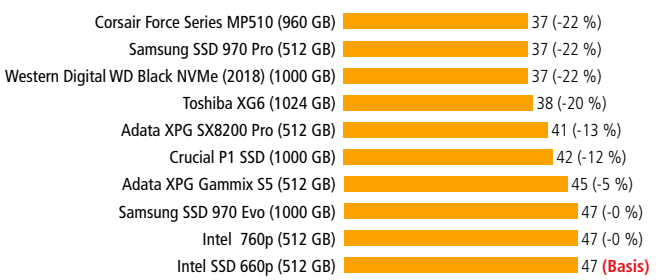
Skalierung von 2.500 Bildern



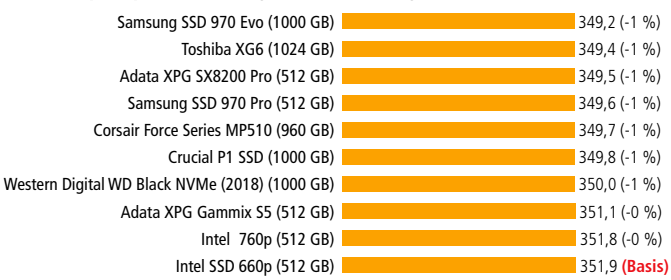
Spielstart BF3 (PCMark 8 Storage)



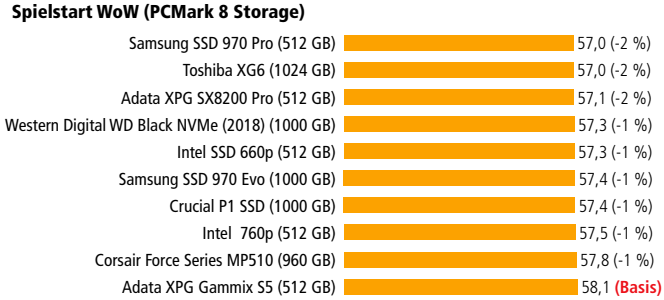
Kopiertest , 10 GiB, 50.000 Dateien



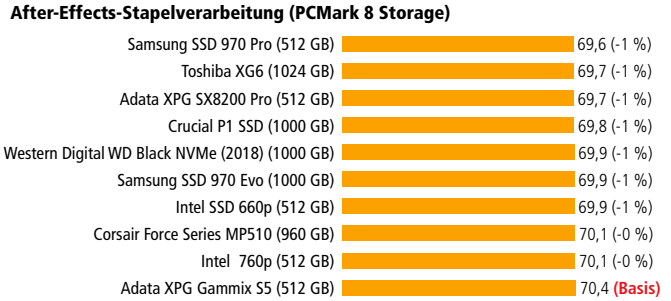
Photoshop-Stapelverarbeitung (PCMark 8 Storage)



Spielstart WoW (PCMark 8 Storage)



After-Effects-Stapelverarbeitung (PCMark 8 Storage)

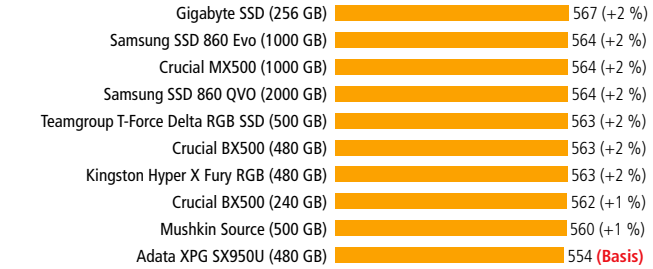


System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809
Bemerkungen: Corsair hat Samsung im Kopieren vom Thron gestoßen und tritt in Konkurrenz zur Samsung SSD 970 Evo und zur Intel SSD 760p.

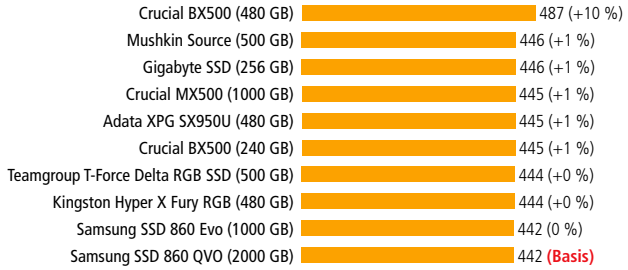
Sekunden
◀ Besser

SATA-SSDs: „Bis zu"-Leistung

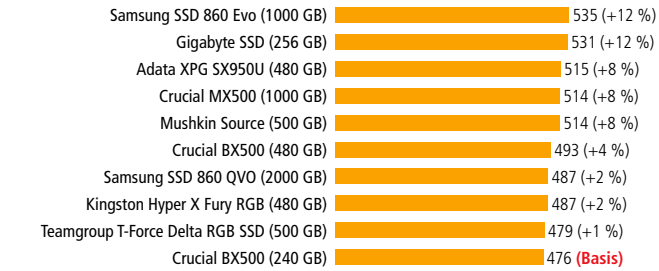
Seq. Leseleistung (Atto Disk Benchm.) unkomprimierte Daten



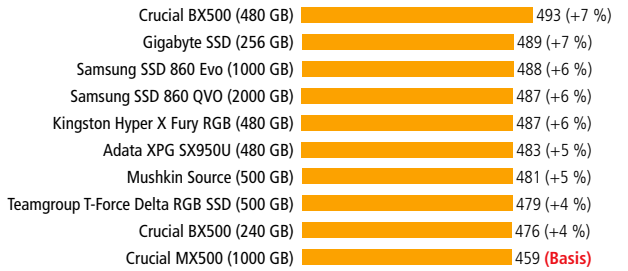
Seq. Leseleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten



Seq. Schreibleistung (Atto Disk Benchm.) unkomprimierte Daten



Seq. Schreibleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten

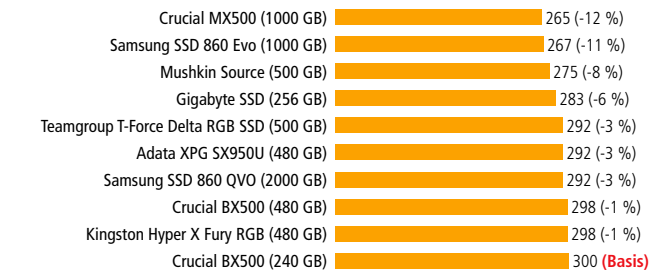


System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809
Bemerkungen: Kaum Unterschiede in der theoretischen Spitzenleistung

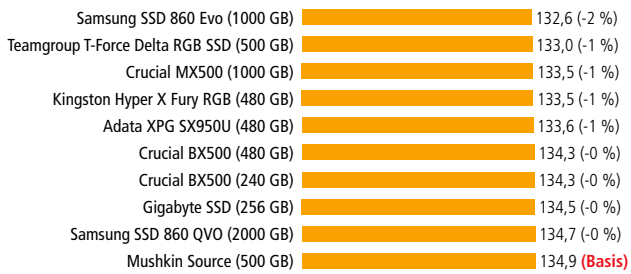
MB/s
▶ Besser

Praxisleistung der SATA-SSDs: Nicht das Modell, sondern eher die Kapazität entscheidet

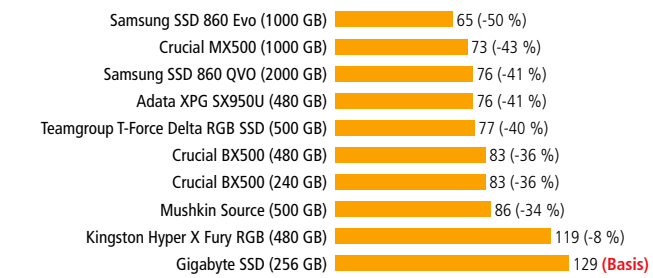
Skalierung von 2.500 Bildern



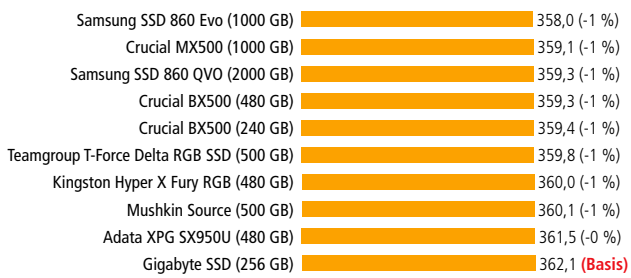
Spielstart BF3 (PCMark 8 Storage)



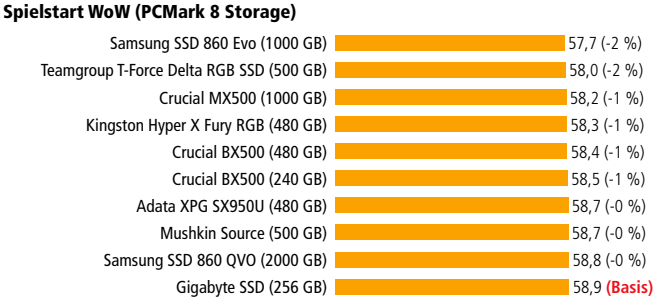
Kopiertest, 10 GiB, 50.000 Dateien



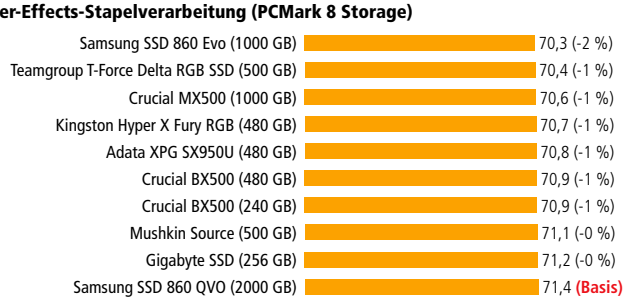
Photoshop-Stapelverarbeitung (PCMark 8 Storage)



Spielstart WoW (PCMark 8 Storage)



After-Effects-Stapelverarbeitung (PCMark 8 Storage)



System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809
Bemerkungen: Größere SSDs sind aufgrund mehrerer Anbindungen zum Controller oft etwas schneller beim Kopieren.

Sekunden
◀ Besser

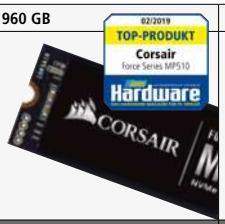
Corsair Force Series MP510: Kalifornische Kokurrenz für die Koreaner. Als Samsung die 970er-Serie im Frühjahr 2018 auf den Markt gebracht hat, haben die Koreaner den Testsieg zurückgeholt – sowohl was das beste Modell (970 Pro) als auch was das Modell mit bestem Preis-Leistungs-Verhältnis (970 Evo) angeht. Die Konkurrenz hat nun ordentlich nachgelegt. Während Corsairs MP500 ein schmuckloses Mittelklasse-Dasein fristete, mausert sich ihr Nachfolger, die deutlich schnellere MP510, zur echten Alternative zur 970 Evo, die schon lange nicht mehr die Führerschaft in Sachen Preis-Leistungs-Verhältnis inne hat. Wie die 970 Evo ist die Corsair MP510 ähnlich ausgestattet: ein gleich großer DDR4-Cache, 64-lagiger TLC-Flash und fünf Jahre Garantie vom Hersteller. Es ist der Phison-Controller, der die Leistung auf Oberklasse-Niveau hievt; die 970 Evo wird knapp übertrumpft. Die MP510 mit 960 GB an Kapazität schreibt in etwa so schnell wie Samsungs Top-Modell 970 Pro. Nur in synthetischen Benchmarks ist die Samsung besser. Abzüge gibt es höchstens in der B-Note: Die etwas antiquierte Corsair SSD Toolbox versprüht einen Charme von Windows XP, hat aber alles, was man braucht. Außerdem ist die MP510 doppelseitig mit Chips bestückt. Einige Notebooks können damit Probleme haben, für Desktop-Mainboards ist das aber irrelevant. Die beiden fast schon kosmetischen Mankos finden sich nicht in unserer Testnote wieder, weswegen wir die MP510 verdient als Top-Produkt auszeichnen.

Toshiba XG6: Erstmals 96 Lagen im Flash-Chip. Während die Konkurrenz noch in 64 Lagen stapelt, bietet Toshiba bereits 96 Lagen an Speicherzellen in den Chips, welche zusammen mit dem ebenso eigens entwickelten Controller für eine Top-Leistung sorgen sollen. Gleich vorneweg: Unsere Tests können das uneingeschränkt bestätigen. Sie konkurriert mit der aktuellen Oberklasse unter den PCI-E-Modellen. Bei der XG6 handelt es sich leider um ein OEM-Modell, das zum Testzeitpunkt auch noch nicht auf dem Markt ist. Traditionell werden bei OEM-Modellen auch weder Preis noch Garantieschreibgrenze genannt. Ob eine dedizierte Verbrauchervariante auf den Markt kommt, ist nicht bekannt. An Consumer-SSDs hat Toshiba selbst ansonsten nicht viel zu bieten. Die RD400 ist mit 2D-MLC zu teuer und auch in Sachen Leistung nicht mehr zeitgemäß, die nur 42 mm kurze RC100 hingegen ist ein Einsteigermodell.

Adata XPG SX8200 Pro und Gammix S5: Noch eine TLC-Alternative zu Samsung und Intel. Adata fristete bislang ein Nischendasein auf dem SSD-Markt und konnte sich als einer der vielen kleinen Fische kaum bemerkbar machen. Was SATA-SSDs angeht, so hat der Hersteller dort ein gut aufgestelltes Produktportfolio. Unter den PCI-E-SSDs verschwanden die Modelle bislang im Schatten der großen Marken. Die XPG SX8200 Pro verwendet 3D-TLC-NAND von Intel/Micron mitsamt dem Controller Silicon Motion SM2262. Beides finden wir auch in der Intel 760p wieder, die schon etwas länger auf dem Markt ist und die der Samsung 970 Evo das Leben schwer macht. In dieses Konkurrenzduell greift Adata nun ein. Entsprechend dieser Ausstattung liefert die SSD auch eine gute Leistung ab: Unterschiede zur Samsung 970 Evo und zur Intel 760p sind nahezu nicht vorhanden und nur in synthetischen Benchmarks messbar. Im Gegensatz zu den anderen beiden Modellen ist die SX8200 Pro doppelseitig mit Chips bestückt und ihr liegt ein aufklebbares Wärmeleitpad bei. Den Temperaturunterschied haben wir nicht gemessen, da die Wärme hier ohnehin keinen Einfluss auf die Leistung hat, was frühere Tests mit allen möglichen

PCI-E-SSDs

Auszug aus Testtabelle mit 20 Wertungskriterien

	512 GB (Test in 06/2018)	**960 GB**	**1.024 GB**	**1.000 GB** (Test in 10/2018)	**1.000 GB** (Test in 10/2018)
					
Produktinfo/-name	**SSD 970 Pro**	**Force Series MP510**	**XG6**	**WD Bl. NVMe (2018)**	**SSD 970 Evo**
Modellbezeichnung	MZ-V7P512	CSSD-F960GBMP510	KXG60ZNV1T02	WDS100T2X0C	MZ-V7E1T0BW
Hersteller (Website)	Samsung (samsung.com)	Corsair (corsair.com)	Toshiba (toshiba.com)	Western Digital (wdc.com)	Samsung (samsung.com)
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1809120	www.pcgh.de/preis/1907832	Noch nicht gelistet	www.pcgh.de/preis/1798509	www.pcgh.de/preis/1809117
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 170,-/ausreichend	Ca. € 200,-/befriedigend	-/-	Ca. € 235,-/ausreichend	Ca. € 250,-/befriedigend
Preis pro GiByte	€ 0,36/GiByte	€ 0,22/GiByte	-	€ 0,25/GiByte	€ 0,27/GiByte
Mittlere Ausfallzeit (MTBF)	1.500.000 Stunden	1.800.000 Stunden	1.500.000 Stunden	1.750.000 Stunden	1.500.000 Stunden
SSD-Controller	Samsung Phoenix	Phison PS5012-E12	Toshiba TC58NCP090GSD, 4 Kanäle	SanDisk 20-82-007011	Samsung Phoenix, 8 Kanäle
Flash-Chips	3D-NAND MLC	3D-NAND TLC (64 Lagen)	3D-NAND TLC, 96 Lagen	3D NAND (64 Lagen)	3D-NAND TLC
DRAM-Cache	512 MB DDR4	1 GB DDR4	LPDDR3	-	1 GB LPDDR4
Ausstattung (20 %)	**1,75**	**1,50**	**1,42**	**1,49**	**1,49**
Formatierte Kapazität (GiByte)	476,84 GiByte	894,07 GiByte	953,67 GiByte	931,32 GiByte	931,32 GiByte
Garantiegrenze (Zeit/TBW)	5 Jahre/600 TB	5 Jahre/1700 TB	5 Jahre/-	5 Jahre/600 TB	5 Jahre/600 TB
Format	M.2	M.2 2280	M.2 2280	M.2 2280	M.2 2280
Zubehör/Besonderheiten	Samsung Magician	Corsair SSD Toolbox	-	WD SSD Dashboard	Samsung Magician
Eigenschaften (20 %)	**1,78**	**1,90**	**1,90**	**2,35**	**1,95**
AS SSD (Seq. Lesen, Seq. Schr.)	2840 MB/s, 1910 MB/s	1994 MB/s, 2517 MB/s	1889 MB/s, 2449 MB/s	2082 MB/s, 2140 MB/s	1952 MB/s, 2414 MB/s
Spielstart (WoW, BF3)	57,0 Sek., 130,9 Sek.	57,8 Sek., 131,7 Sek.	57,0 Sek., 131,1 Sek.	57,3 Sek., 131,3 Sek.	57,4 Sek., 131,4 Sek.
Bilder-Stapelverarbeitung, Kopiertest	263 Sek., 37 Sek.	267 Sek., 37 Sek.	296 Sek., 38 Sek.	266 Sek., 37 Sek.	292 Sek., 47 Sek.
Leistung (60 %)	**1,70**	**1,79**	**1,85**	**1,83**	**2,01**
FAZIT	⊕ Top-Leistung ⊖ Hoher Preis	⊕ Gute Kopierleistung ⊖ Doppelseitig bestückt	⊕ Gute Lese- u. Schreibleist. ⊖ Schlechte Verfügbarkeit	⊕ Gute Lese- u. Schreibleist. ⊖ Aktuell zu teuer	⊕ 5 Jahre Garantie ⊖ Kopiertest mittelmäßig
	Wertung: **1,73**	Wertung: **1,75**	Wertung: **1,77**	Wertung: **1,86**	Wertung: **1,89**

SSD-Kühlmethoden stets bestätigt haben. Die beste der drei SSDs ist daher die günstigste, was zum Testzeitpunkt die SX820 Pro ist. Bis auf den Passivkühler wirkt die Adata XPG Gammix S5 dem Schwestermodell zunächst ähnlich, ist aber eine Ecke schwächer, was auch die praktischen Tests zeigen. Deshalb ist sie hinter den QLC-SSDs positioniert.

Crucial P1 und Intel SSD 660p: Zwei Scheidungskinder. Über zwölf Jahre machten Intel und Micron, Crucials Mutterkonzern, gemeinsame Sache in Form eines Joint Ventures bei der Flash-Produktion. Im Sommer aber kündigte Micron an, mit Intel Schluss machen zu wollen. Die beiden ersten QLC-Flash-SSDs verfügen über gleiche Hardware, also QLC-Flash und einen Controller von Silicon Motion. Beide Hersteller bestätigen, dass dieser aber mit jeweils eigener Firmware betrieben wird. Ob diese für das leichte Plus an Leistung der Crucial P1 gegenüber der Intel 660p verantwortlich ist, müssen Tests mit Exemplaren weiterer Kapazitäten klären. Wir haben die 660p mit 512 GB und die P1 mit 1 TB getestet. Sowohl in der Leistung als auch im Preis platzieren sich beide Modelle wie erwartet zwischen den SATA-SSDs und der TLC-Mittelklasse unter den PCI-E-SSDs. Intel kann hier mit der 760p aufwarten, während die P1 Crucials erstes NVMe-Modell ist. Zwar geben die Hersteller wie auch bei anderen Modellen bis zu fünf Jahre Garantie, als

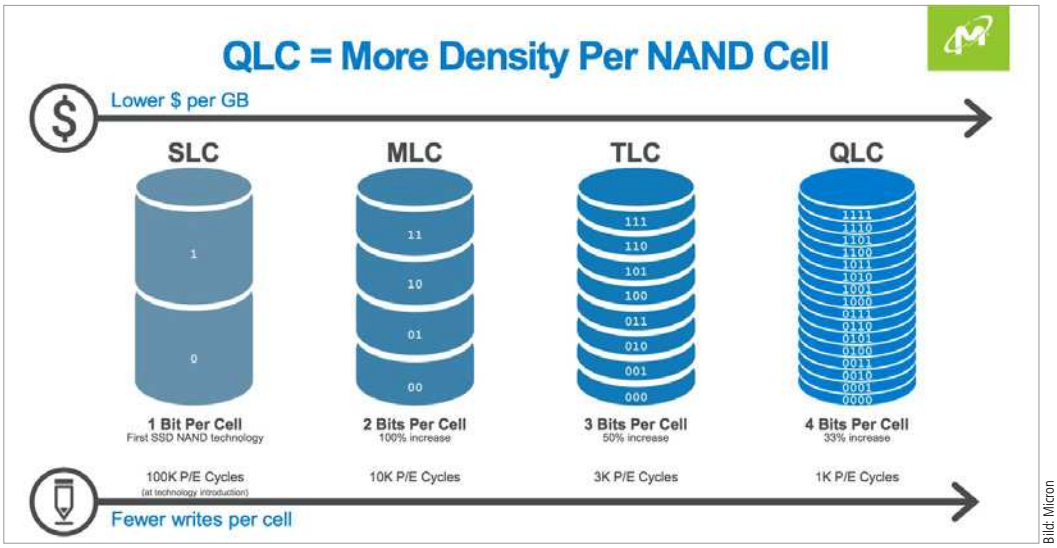
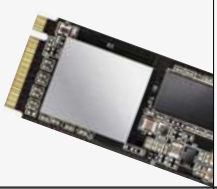
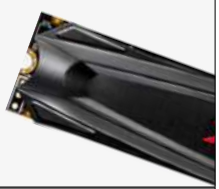
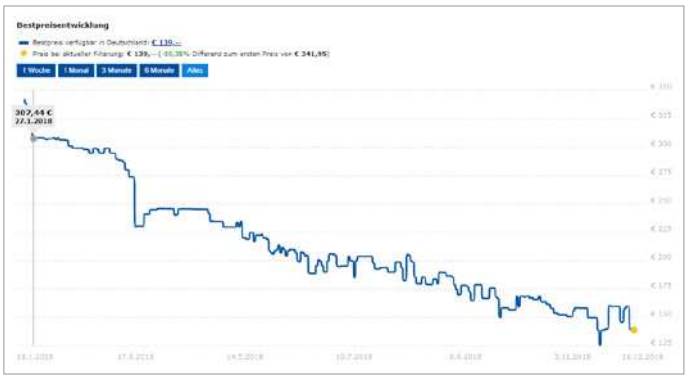


Bild: Micron

Die Speicherdichte verdoppelt sich mit jedem Bit mehr pro Zelle. Die 16 Spannungsniveaus pro Zelle eines QLC-Flashs könnten aber die letzte Evolutionsstufe des NAND-Speichers sein.

PCI-E-SSDs Auszug aus Testtabelle mit 20 Wertungskriterien	**512 GB**	**1.000 GB**	**512 GB** (Test in 04/2018)	**512 GB**	**512 GB**
					
Produktinfo/-name	**XPG SX8200 Pro**	**P1 SSD**	**760p**	**SSD 660p**	**XPG Gammix S5**
Modellbezeichnung	ASX8200PNP-512GT-C	CT1000P1SSD8	SSDPEKKW512G8XT	SSDPEKNW512G801	AGAMMIXS5-512GT-C
Hersteller (Website)	Adata (xpg.com)	Crucial (crucial.de)	Intel (intel.com)	Intel (intel.com)	Adata (xpg.com)
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1927166	www.pcgh.de/preis/1907687	www.pcgh.de/preis/1762016	www.pcgh.de/preis/1859203	www.pcgh.de/preis/1942737
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 115,-/befriedigend	Ca. € 165,-/befriedigend	Ca. € 120,-/befriedigend	Ca. € 100,-/ausreichend	Ca. € 115,-/befriedigend
Preis pro GiByte	€ 0,24/GiByte	€ 0,18/GiByte	€ 0,25/GiByte	€ 0,21/GiByte	€ 0,24/GiByte
Mittlere Ausfallzeit (MTBF)	2.000.000 Stunden	1.500.000 Stunden	1.600.000 Stunden	1.600.000 Stunden	1.500.000 Stunden
SSD-Controller	Silicon Motion SM2262	Silicon Motion SM2263EN, 4 Kanäle	Silicon Motion SM2262	Silicon Motion SM2263EN, 4 Kanäle	-
Flash-Chips	3D-NAND TLC	3D-NAND QLC, 64 Layer	3D-NAND TLC	3D-NAND QLC, 64 Layer	3D-NAND TLC
DRAM-Cache	-	1 GB DDR3L	-	256 MB DDR3L	-
Ausstattung (20 %)	**1,75**	**1,49**	**1,75**	**1,75**	**1,65**
Formatierte Kapazität (GiByte)	476,84 GiByte	931,32 GiByte	476,84 GiByte	476,84 GiByte	476,84 GiByte
Garantiegrenze (Zeit/TBW)	5 Jahre/320 TB	5 Jahre/200 TB	5 Jahre/288 TB	5 Jahre/100 TB	5 Jahre/300 TB
Format	M.2 2280	M.2 2280	M.2	M.2 2280	M.2 2280
Zubehör/Besonderheiten	Inkl. Kühlpad	Crucial Storage Executive, Acronis True Image	Samsung Magician	Intel SSD Toolbox	Inkl. Kühler
Eigenschaften (20 %)	**1,93**	**2,05**	**2,33**	**2,10**	**1,90**
AS SSD (Seq. Lesen, Seq. Schr.)	1984 MB/s, 1928 MB/s	1080 MB/s, 1513 MB/s	2692 MB/s, 1568 MB/s	1043 MB/s, 897 MB/s	1323 MB/s, 959 MB/s
Spielstart (WoW, BF3)	57,1 Sek., 130,9 Sek.	57,4 Sek., 131,4 Sek.	57,5 Sek., 131,9 Sek.	57,3 Sek., 131,5 Sek.	58,1 Sek., 132,9 Sek.
Bilder-Stapelverarbeitung, Kopiertest	297 Sek., 41 Sek.	268 Sek., 41,7 Sek.	255 Sek., 47 Sek.	271 Sek., 47,2 Sek.	292 Sek., 45 Sek.
Leistung (60 %)	**1,99**	**2,08**	**1,96**	**2,31**	**2,48**
FAZIT	⊕ Gute Lese- u. Schreibleist. ⊖ Doppelseitig bestückt	⊕ Großer DRAM-Cache ⊖ QLC-Flash	⊕ Gute Lese- u. Schreibleist. ⊖ Schwache Dauerlast	⊕ Günstig wie SATA-SSDs ⊖ QLC-Flash	⊕ Kühlkörper aufgeklebt ⊖ mittelmäßige Leistung
	Wertung: **1,93**	Wertung: **1,95**	Wertung: **1,99**	Wertung: **2,16**	Wertung: **2,20**

Systemlaufwerk möchten wir sie aber noch nicht empfehlen – hier würden wir auf bewährten MLC- oder TLC-Flash setzen. Der neue QLC-Speicher, der deutlich weniger Schreibzyklen verträgt, muss sich unserer Ansicht erst noch mit Langzeittests beweisen. TLC-Flash hat sich nun schon einige Jahre am Markt bewährt.



Innerhalb nicht mal eines Jahres hat sich der Preis einer Samsung SSD 860 Evo bei 1 TB Kapazität halbiert.

Teamgroup T-Force Delta RGB SSD: Wenn schon alle anderen Komponenten leuchten, warum nicht auch die SSD? Egal ob Grafikkarte, Gehäuse oder Gaming-Char: Heutzutage gibt es nichts, was es nicht mit RGB-Beleuchtung gibt. Neben dem Modell von Kingston verfügt die Teamgroup Delta RGB SSD über eine LED-Beleuchtung, jedoch gibt es einige Unterschiede. Beide verfügen über unterschiedliche Spannungen: Die Teamgroup-SSD benötigt einen 5-Volt-Header, dementsprechend ein extra (beiliegendes) Kabel, das in die Micro-USB-Buchse des Laufswerks gesteckt wird. Jede der acht LEDs kann individuell angesteuert werden, weswegen sie auch unterschiedliche Farben annehmen können, nicht so die HyperX-SSD, welche stets in einer Farbe leuchtet. Beide RGB-SSDs aber unterstützen die Steuerungssoftware mehrerer Mainboardhersteller, also etwa Asus Aurasync oder MSI Mystic Light, damit das Geblinke aller Komponenten im Rechner harmoniert. Darüber hinaus befindet sich hinter den LEDs eine gute Mittelklasse-SATA-SSD, welche im Test auch brauchbar abschneidet. Mankos hier sind der recht hohe Preis der RGB-SSD und die nur drei Jahre Garantie. Bei diesem Modell steht eben Design über Funktion.

Adata XPG SX950U: Das U am Ende macht den Unterschied. Das Vorgängermodell hieß fast genauso: SX950 – ohne U. Der markante Unterschied ist, dass dieses noch mit MLC-Speicher ausgestattet war und die XPG SX950U nun den günstigeren TLC-Flash auf der Platine sitzen hat. Der Leistung tut das keinen Abbruch. Nun haben wir den Vorgänger nicht getestet, aber schon die Datenblatt-Werte lassen erkennen, dass die SX950U wegen des TLC-Speichers nicht langsamer ist. MLC ist ohnehin schon fast vom Markt verschwunden, selbst eine 860 Pro ist schlecht verfügbar und fast schon zu teuer. Was die Leistung angeht, so versinkt die XG950U im Mittelfeld und kommt nicht an den Preis-Leistungs-Primus Samsung 860 Evo heran. Merkmale wie fünf Jahre Garantie oder ein Adapter für 9,5-mm-Bauhöhe sind zwar nett, aber nicht kaufentscheidend. Zudem muss die SX950 noch etwas günstiger werden.

SATA-SSDs

Auszug aus Testtabelle mit 20 Wertungskriterien

	1.000 GB (Test in 07/2018)	**1.000 GB** (Test in 07/2018)	**500 GB**	**480 GB**	**2.000 GB**
Produktinfo/-name	**SSD 860 Evo**	**MX500**	**T-Force D. R RGB SSD**	**XPG SX950U**	**SSD 860 Qvo**
Modellbezeichnung	MZ-76E1T0B/EU	CT1000MX500SSD1	T253TR500G3C315	ASX950USS-480GT-C	MZ-76Q2T0BW
Hersteller (Website)	Samsung (samsung.com)	Crucial (crucial.com)	Teamgroup (teamgroupinc.com)	Adata (adata.com)	Samsung (samsung.com)
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1756905	www.pcgh.de/preis/1745357	www.pcgh.de/preis/1818512	www.pcgh.de/preis/1837253	www.pcgh.de/preis/1936302
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 140,-/gut	Ca. € 140,-/gut	Ca. € 110,-/befriedigend	Ca. € 100,-/befriedigend	Ca. € 310,-/gut
Preis pro GiByte	€ 0,15/GiByte	€ 0,15/GiByte	€ 0,24/GiByte	€ 0,22/GiByte	€ 0,17/GiByte
Mittlere Ausfallzeit (MTBF)	1.500.000 Stunden	1.800.000 Stunden	1.000.000 Stunden	2.000.000 Stunden	1.500.000 Stunden
SSD-Controller	Samsung MJX, 8 Kanäle	Silicon Motion SM2258, 4 Kanäle	-	Silicon Motion SM2258, 4 Kanäle	Samsung MJX, 8 Kanäle
Flash-Chips	V-NAND TLC	3D-NAND TLC	3D-NAND, TLC 64 Lagen	3D-NAND TLC, 64 Lagen	3D-NAND QLC, 64 Lagen
DRAM-Cache	1 GiB LPDDR3	1 GiB	-	DRAM-Cache	2 GB LPDDR4
Ausstattung (20 %)	**1,43**	**1,23**	**2,08**	**1,79**	**1,73**
Formatierte Kapazität (GiByte)	931,32 GiByte	931,32 GiByte	465,66 GiByte	447,03 GiByte	1.862,65 GiByte
Garantiegrenze (Zeit,TBW)	5 Jahre, 600 TB	5 Jahre, 360 TB	3 Jahre, - TB	5 Jahre, - TB	3 Jahre, - TB
Format	2,5 Zoll, M.2 2280, mSATA	2,5 Zoll, M.2 2280	2,5 Zoll	2,5 Zoll	2,5 Zoll
Zubehör/Besonderheiten	Samsung Magician	Inkl. Spacer für 9,5 mm Bauhöhe, Acronis True Image	RGB-LEDs (5 V)	Inkl. Spacer für 9,5 mm Bauhöhe	Samsung Magician
Eigenschaften (20 %)	**1,93**	**1,93**	**1,90**	**1,98**	**2,18**
Atto Disk Benchmark (Seq. Lesen, Seq. Schreiben)	564 MB/s, 535 MB/s	564 MB/s, 514 MB/s	563 MB/s, 526 MB/s	554 MB/s, 515 MB/s	564 MB/s, 535 MB/s
AS SSD (Seq. Lesen, Seq. Schr.)	442 MB/s, 488 MB/s	445 MB/s, 459 MB/s	444 MB/s, 479 MB/s	445 MB/s, 483 MB/s	442 MB/s, 487 MB/s
Spielstart (WoW, BF3)	57,7 Sek., 132,6 Sek.	58,2 Sek., 133,5 Sek.	58 Sek., 133 Sek.	58,7 Sek., 133,6 Sek.	58,8 Sek., 134,7 Sek.
Bilder-Stapelverarbeitung, Kopiertest	267 Sek., 65 Sek.	265 Sek., 73,4 Sek.	292 Sek., 77 Sek.	292 Sek., 76,4 Sek.	292 Sek., 76 Sek.
Leistung (60 %)	**2,18**	**2,39**	**2,45**	**2,54**	**2,64**
FAZIT	⊕ Gute Leistung ⊖ Kein Zubehör	⊕ Gute Leistung ⊖ Geringe TBW-Grenze	⊕ RGB-LEDs (5 V) ⊖ Nur 3 Jahre Garantie	⊕ 9,5-mm-Spacer ⊖ Relativ teuer	⊕ Günstiger GiB-Preis ⊖ QLC-Flash
	Wertung: **1,98**	Wertung: **2,06**	Wertung: **2,27**	Wertung: **2,28**	Wertung: **2,36**

Samsung SSD 860 QVO: Ziemlich günstig, aber kein Billigmodell. Während TLC-SSDs stetig im Preis sinken, möchte Samsung mit QLC-Speicher noch eine günstige Alternative anbieten, was zum Marktstart auch preislich gelungen ist. In der Leistung kommt sie wie erwartet nicht ganz an die Mittelklasse-Spitze 860 Evo heran, ist aber nicht weit davon entfernt. Das haben wir auch erwartet, denn von der Evo unterscheidet sich die Qvo nur im Flash. Der Controller ist der Gleiche, ein DRAM-Cache ist ebenso vorhanden wie leistungsfördernde Techniken, etwa der dynamische Pseudo-SLC-Cache, weswegen die 860 Qvo sich auch nicht unter den Low-End-SSDs tummelt. Samsung bietet aber nur drei Jahre Garantie anstatt der fünf Jahre aller anderen Modelle.

Crucial BX500: Einsteigermodell mit Mittelklasse-Leistung. Eigentlich handelt es sich bei der BX-Modellreihe um günstige Preiskampf-SSDs. Doch Crucial überraschte mit dem Vorgänger BX300 mit haltbarem MLC-Speicher und passabler Performance. Die BX500 aber entspricht wieder dem Billigschema: günstiger TLC-Flash, kein DRAM-Cache und nur drei Jahre Garantie. Was die Leistung angeht, so ist die BX500 kein Modell fürs häufige Kopieren, sondern eignet sich eher als Zweitlaufwerk oder für den Office-PC. Dafür ist der Preis aktuell ungeschlagen günstig.

Kingston Hyper X Fury RGB: Heißes Teil – wortwörtlich. Während die Teamgroup-SSD in unterschiedlichen Farben gleichzeitig leuchten kann, leuchtet die RGB-SSD von Kingston nur einfarbig, dank mehrerer LEDs aber auch deutlich heller. Die Rückseite der Platine ist mit 75 LEDs bestückt, welche der SSD auch ordentlich einheizen: Selbst ohne Lese- oder Schreibzugriff messen wir Temperaturspitzen bis zu 70 Grad. Was sich ziemlich kritisch anhört, ist tatsächlich halb so wild. Wir haben die SSD durch den Testparcours sowohl mit als auch ohne 12-V-Anschluss gejagt. Tatsächlich hat sie im kühleren Zustand stets leicht besser abgeschnitten – aber wirklich nur minimal. Tests von amerikanischen Kollegen wurden bereits hierzulande zitiert, indem behauptet wurde, dass die LEDs die Leistung ausbremsen würden. Das halten wir für übertrieben. Die LEDs verbrauchen natürlich mehr Strom – je nach Farbe messen wir ein Plus von circa zwei bis vier Watt, welche im Gesamtsystem aber nicht mehr ins Gewicht fallen. Es gibt andere Modellversionen der Kingston-RGB-SSD mit 5-Volt- oder USB-Anschluss. Zudem ist das Modell kompatibel zu RGB-Steuerungen der Mainboard-Hersteller.

Gigabyte SSD UD Pro: Erste SSD-Gehversuche. Gigabyte ist mehr für seine Mainboards oder Notebooks bekannt. Seit diesem Jahr mischt der Hersteller auch bei den SSDs mit. Wir konnten lediglich die Version mit 256 GB testen, welche stets etwas schwächer sind als SSDs ab 480 GB. Daher schneidet sie im Vergleich hier bestenfalls mittelmäßig ab. Auch in der Ausstattung gewinnt die UD Pro keinen Blumentopf und sticht durch nichts hervor: Schade, dass Gigabyte sich nur mit drei Jahren Garantie auf den Markt wagt. *(mc)*

Fazit

TLC ist etabliert, QLC kommt

Die Bedenken mit der neuen Speicherdichte beim QLC-Flash mit vier Bit pro Zelle sind dieselben wie beim letzten Wechsel von zwei auf drei Bit: Sind die SSDs haltbar genug? TLC ist mittlerweile uneingeschränkt empfehlbar, aber QLC könnte die letzte Evolutionsstufe sein und muss sich noch bewähren.

SATA-SSDs

Auszug aus Testtabelle mit 20 Wertungskriterien

	480 GB	480 GB	500 GB (Test online)	240 GB	256 GB
Produktinfo/-name	**BX500**	**Hyper X Fury RGB**	**Source**	**BX500**	**SSD UD Pro**
Modellbezeichnung	CT480BX500SSD1	SHFR200/480G	MKNSSDSR500GB	CT240BX500SSD1	GP-GSTFS30256GTTD
Hersteller (Website)	Crucial (crucial.com)	Kingston (kingston.com)	Mushkin (poweredbymushkin.com)	Crucial (crucial.com)	Gigabyte (gigabyte.com)
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1875767	www.pcgh.de/preis/1895162	www.pcgh.de/preis/1812579	www.pcgh.de/preis/1875761	www.pcgh.de/preis/1880623
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 65,-/gut	Ca. € 100,-/befriedigend	Ca. € 65,-/befriedigend	Ca. € 40,-/befriedigend	Ca. € 45,-/befriedigend
Preis pro GiByte	€ 0,14/GiByte	€ 0,22/GiByte	€ 0,14/GiByte	€ 0,18/GiByte	€ 0,19/GiByte
Mittlere Ausfallzeit (MTBF)	1.500.000 Stunden	1.000.000 Stunden	1.500.000 Stunden	1.500.000 Stunden	2.000.000 Stunden
SSD-Controller	Silicon Motion SM2258XT	Marvell 88SS1074, 4 Kanäle	Silicon Motion SM2258XT	Silicon Motion SM2258XT	Phison S10
Flash-Chips	3D-NAND TLC	3D-NAND TLC 64 Lagen	3D-NAND TLC	3D-NAND TLC	3D-NAND TLC 64 Lagen
DRAM-Cache	-	-	-	-	-
Ausstattung (20 %)	**2,28**	**1,99**	**2,28**	**2,73**	**2,50**
Formatierte Kapazität (GiByte)	465,66 GiByte	447,03 GiByte	465,66 GiByte	223,52 GiByte	238,42 GiByte
Garantiegrenze (Zeit,TBW)	3 Jahre, 120 TB	3 Jahre, - TB	3 Jahre, - TB	3 Jahre, 80 TB	3 Jahre, 100 TB
Format	2,5 Zoll	2,5 Zoll	2,5 Zoll, M.2 2280	2,5 Zoll	2,5 Zoll
Zubehör/Besonderheiten	SSD-Tool	RGB-LEDs (12 V)	SSD-Tool	SSD-Tool	SSD-Tool
Eigenschaften (20 %)	**1,93**	**1,93**	**1,88**	**1,93**	**1,93**
Atto Disk Benchmark (Seq. Lesen, Seq. Schreiben)	563 MB/s, 517 MB/s	563 MB/s, 530 MB/s	560 MB/s, 514 MB/s	562 MB/s, 516 MB/s	567 MB/s, 531 MB/s
AS SSD (Seq. Lesen, Seq. Schr.)	487 MB/s, 493 MB/s	444 MB/s, 487 MB/s	446 MB/s, 481 MB/s	445 MB/s, 476 MB/s	445,6 MB/s, 489,3 MB/s
Spielstart (WoW, BF3)	58,4 Sek., 134,3 Sek.	58,3 Sek., 133,5 Sek.	58,7 Sek., 134,9 Sek.	58,5 Sek., 134,3 Sek.	58,9 Sek., 134,5 Sek.
Bilder-Stapelverarbeitung, Kopiertest	298 Sek., 83 Sek.	298 Sek., 119 Sek.	275 Sek., 85,6 Sek.	300 Sek., 83 Sek.	283 Sek., 129 Sek.
Leistung (60 %)	**2,60**	**2,73**	**2,73**	**2,69**	**2,89**
FAZIT	⊕ Günstiger GiB-Preis ⊖ Kein DRAM-Cache	⊕ RGB-LEDs (12 V) ⊖ Teuer, nur 3 Jahre Gar.	⊕ Günstiger GiB-Preis ⊖ Kein DRAM-Cache	⊕ Günstiger GiB-Preis ⊖ Kein DRAM-Cache	⊕ Günstiger GiB-Preis ⊖ Schwache Kopierleist.
	Wertung: **2,40**	Wertung: **2,42**	Wertung: **2,47**	Wertung: **2,54**	Wertung: **2,62**

Neue Leuchtreklame

Viele PC-Spieler achten heute beim Arbeitsspeicherkauf nicht nur auf Kapazität, Takt oder Preis. DDR4-RAM mit RGB-LED-Beleuchtung steht hoch im Kurs – wir testen die aktuellen Neuzugänge.

Nachdem DDR4-Speicher in den vergangenen Jahren immer teurer wurde, hat sich die Situation seit wenigen Monaten deutlich entspannt. 16-GiByte-Kits der einfachen Art (ohne Heatspreader, DDR4-2133/2400) nähern sich der 100-Euro-Marke, vergleichbare 32-GiByte-Kits starten entsprechend bei 200 Euro. Während derartige Produkte auf Sparfüchse abzielen – für die wir bereits einen Vergleichstest vorbereiten – sind unter den Neuerscheinungen der letzten Monaten vor allem neue Produktreihen mit RGB-LEDs.

RGB: Richtig Geld blechen?

Überraschen sollte das niemanden, schließlich sind konfigurierbare Farbenspiele bei anderen PC-Komponenten wie Mainboards und Tastaturen schon seit mehreren Jahren etabliert. Vorreiter wie Corsair und Crucial setzten außerdem schon vor über zehn Jahren auf bunte (nicht konfigurierbare) RAM-Beleuchtung. Klar sollte Interessierten allerdings sein: Die Leuchteffekte gibt es nicht kostenlos, mit mindestens 10 Euro Aufpreis pro Riegel sollten Sie gegenüber RGB-freien Produkten mit vergleichbaren Kühlkonstruktionen und Spezifikationen rechnen.

Die Testplattform

Bevor wir auf die in den vergangenen Wochen erhaltenen Neuzugänge eingehen noch kurz ein paar Worte zu unserem Testverfahren: Alle Sticks müssen sich mit einem Core i7-8700K auf einem Asus Maximus X Apex oder Maximus X Hero bewähren, abhängig davon ob das Kit zwei oder vier Module umfasst. Wie der Test unserer 16-GiByte-Referenz Corsair Vengeance LPX CMK16GX4M2F4500C19 in Ausgabe 07/2018 gezeigt hat, bewältigt diese Plattform einen stabilen DDR4-4500-Betrieb und ist damit die deutlich bessere Lösung als Ryzen- oder ältere Intel-Systeme, welches das Taktpotenzial vieler RAM-Sticks nicht ausschöpfen können.

Aus dem gleichen Grund wie wir Prozessoren nicht im GPU-Limit mit Ultra-HD-Auflösung testen, ziehen wir weniger für RAM-Tuning geeignete Plattformen nicht für wertungsrelevante Tests heran. Was beim RAM-Übertakten mit Ryzen zu beachten ist, behandeln wir daher regelmäßig in separaten Ar-

tikeln und ausführlicher, als es im Rahmen eines Vergleichstests von DDR4-RAM-Kits möglich ist.

Alle fünf RGB-Kits müssen sich in einer Mischung aus theoretischen und praxisnahen Benchmarks mit den vom Hersteller festgelegten Eckdaten beweisen. Darüber hinaus loten wir den Undervolting-Spielraum aus und testen die Tuning-Reserven bei 1,20 und 1,35 Volt im Taktbereich zwischen DDR4-2666 und DDR4-3866. Nun zu den Produkten ...

G.Skill Trident Z Royal (F4-3200C14Q-32GTRG): Platz auf dem Thron gesichert. G.Skill hat mit der Trident-Z-RGB-Reihe schon viele Kits mit konfigurierbarer Beleuchtung im Portolio, doch die neuen Royal-Sticks unterscheiden sich in zwei Optik-Aspekten: Der Kühler in gewohnter Trident-Z-Bauform ist in den Farben Gold oder Silber erhältlich und reflektiert wie ein Spiegel. Wer weitere RGB-LED-Komponenten wie z. B. Lüfter nutzt, kann die Leuchtwirkung des PCs somit effektiv steigern. Allerdings ist die Oberfläche auch sehr anfällig für Fingerabdrücke, weshalb G.Skill sinnvollerweise ein Tuch zum Säubern beilegt. Der zweite Unterschied liegt in der Gestaltung des Aufsatzes, durch den die Leuchtdioden schimmern: G.Skill greift auf einen klaren Kunstoff mit kristallähnlicher Oberfläche zurück, was das Licht stärker bricht und einen Funkeleffekt erzeugt. Ob das „royal“ wirkt, ist natürlich Ansichtssache, auffällig und ungewöhnlich ist das Design aber allemal.

Dass das Produkt eines der besten bisher von uns getesteten Kits mit 32 GiByte ist, hat aber schlicht technische Gründe: Die DDR4-3200-Sticks sind für die Timings 14-14-14-34 freigegeben und mit den Samsung-Chips K4A8G085WB-BCPB bestückt, die als „Samsung B-Die“ für ihre tollen Tuning-Eigenschaften bekannt sind. Die Undervolting-Reserve ist mit 4 Prozent zwar relativ klein, überrascht angesichts der kurzen Latenzen bei Standardtakt aber nicht. Dafür verkraften die Sticks auch deutlich höhere Taktraten, ein stabiler DDR4-3866-Betrieb bei 1,35 Volt und den guten Timings 17-16-16-48 ist beispielsweise gar kein Problem. Das Kit beinhaltet Module mit einem (heute für 8-GiByte-DIMMs üblichen) Single-Rank-Aufbau, welche bei gleichem Takt in der Praxis zwar etwas weniger Leistung bieten als Dual-Rank-Sticks, allerdings spielt das aufgrund der höheren Modulanzahl keine große Rolle: Ob pro Speicherkanal ein Dual-Rank- oder zwei Single-Rank-Module verbaut sind, macht nur einen geringfügigen Unterschied (der durch höhere Subtimings und Umlaufzeiten bedingt ist.) In 7-Zip und Kingdom Come: Deliverance setzen sich die Riegel dadurch klar gegen die anderen RGB-Kits durch, die nur jeweils zwei Single-Rank-Sticks umfassen. Wichtig: Quad-Channel-Nutzer benötigen acht statt vier Single-Rank-Sticks für das mit Dual Rank vergleichbare Leistungsplus.

Zum Testzeitpunkt waren die Trident-Z-Royal-Produkte bei keinem Händler auf Lager, wir rechnen aber mit höheren Preisen als bei Trident-Z-RGB-Modulen und einem schlechten Preis-Leistungs-Verhältnis. 500 Euro sollten Interessierte mindestens einplanen.

Teamgroup Xcalibur RGB General Edition (TF5D416G3600HC18EDC01): Gute Leistung, eher schwache RGB-Optik. Die nach dem Schwert aus der Artus-Saga benannten Module sind für DDR4-3600 (18-20-20-44) bei 1,35 Volt spezifiziert. Verbaut sind Tuning-freundliche Samsung-Chips, die 11 Prozent Undervolting, Latenz-Tuning und Overclocking auf DDR4-3866 verkraften. Die technische Basis stimmt also, doch die Optik überzeugt uns nicht ganz: Die Sticks verfügen zwar über eine milchige Kunststoffabdeckung, doch diese zerstreut das Licht nur mäßig: Der Betrachter erkennt leicht, wo die LEDs unter der Haube sitzen. Wer sich eine gleichmäßige Beleuchtung wünscht, ist bei den Konkurrenzprodukten besser dran. Bei der ebenfalls angebotenen, aber kaum erhältlichen Special Edition ist ein schwarzes Muster auf der Kunststoffabdeckung angebracht (siehe Aufmacher). Ungewöhnlich: Der Kühler steigt in der Längsachse an, was die Höhe von 4,5 bis auf 5,2 cm (nahe des „Schwertgriffs“) erhöht.

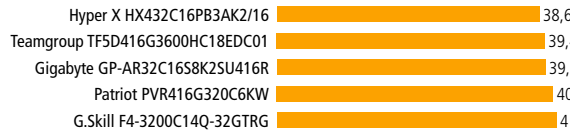
Hyper X Predator RGB (HX432C16PB3AK2/16): Gute Hynix-Chips und

Folgende Produkte finden Sie im Test

- **G.Skill Trident Z Royal (F4-3200C14Q-32GTRG)**
- **Gigabyte Aorus RGB Memory (GP-AR32C16S8K2SU416R)**
- **Hyper X Predator RGB (HX432C16PB3AK2/16)**
- **Patriot Viper RGB (PVR416G320C6KW)**
- **Teamgroup Xcalibur RGB General Edition (TF5D416G3600HC18EDC01)**

Kühlleistung

HCI Memtest Pro v6.0, DDR4-2400, 16-16-16-48 2T, 1,35 Volt



System: Core i7-8700K @ 4,8/4,8 GHz (Kerne/Cache), Asus Maximus X Apex/Hero (UEFI 1704), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Command Rate 2T; Win 10 64 Bit; Lufttemperatur auf 25 °C normiert **Bemerkungen:** Die Predator RGB sind am besten gekühlt.

Grad Celsius
◀ Besser

Kopierrate

Aida64 v5.97.4633 – Kopierrate bei Standardtakt/-latenzen

System: Core i7-8700K @ 4,8/4,8 GHz (Kerne/Cache), Asus Maximus X Apex/Hero (UEFI 1704), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Command Rate 2T; Win 10 64 Bit **Bemerkungen:** Mit zwei Ranks pro Kanal und guten Eckdaten liegt G.Skill vorne.

MB/s
▶ Besser

Zugriffszeit

Aida 64 v5.97.4633 – Zugriffszeit bei Standardtakt/-latenzen

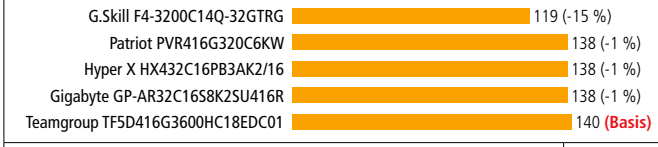
System: Core i7-8700K @ 4,8/4,8 GHz (Kerne/Cache), Asus Maximus X Apex/Hero (UEFI 1704), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Command Rate 2T; Win 10 64 Bit **Bemerkungen:** Dank DDR4-3600-Vorteil schnappt sich Teamgroup den ersten Platz.

Nanosek.
◀ Besser

Gigabyte punktet bei der Ausstattung mit zwei RGB-beleuchteten Dummy-Modulen. Während Teamgroup auf einen Sticker verzichtet, legt G.Skill ein Putztuch bei.

Praxis-Benchmark 7-Zip

3 GB komprimieren und verschlüsseln – Dauer bei Standardtakt/-latenzen

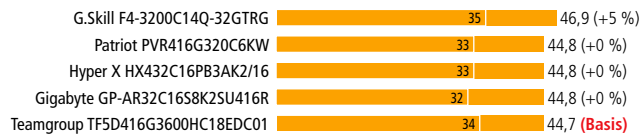


System: Core i7-8700K @ 4,8/4,8 GHz (Kerne/Cache), Asus Maximus X Apex/Hero (UEFI 1704), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Command Rate 2T; Win 10 64 Bit
Bemerkungen: 7-Zip mag zusätzliche Ranks und niedrige Timings.

Sekunden
◀ Besser

Spiele-Benchmark

Kingdom Come: Deliverance (1080p/max. Details) – Fps bei Standardtakt/-latenzen



System: Core i7-8700K @ 4,8/4,8 GHz (Kerne/Cache), Asus Maximus X Apex/Hero (UEFI 1704), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Command Rate 2T; Win 10 64 Bit
Bemerkungen: DDR4-3600 hilft bei den Min-Fps, absetzen kann sich aber nur G.Skill.

Min. Ø Fps
▶ Besser

fairer Preis. Unter den drei Kits in diesem Vergleichstest, die 2 × 8 GiByte Kapazität bieten und für DDR4-3200 bei 16-18-18-3x freigegeben sind, gehen die Predator-RGB-Sticks als klarer Sieger hervor. Die (trotz zu kurzer Wärmeleitpads – siehe Detailbild) beste Kühlleistung und ein großer Undervolting-Spielraum von 15 Prozent sind bereits gut, die Tuning-Reserven allerdings noch besser: Wir können den Sticks problemlos auf DDR4-3866 bei 1,35 Volt übertakten, was den relativ neuen SK-Hynix-Chips im 18-nm-Verfahren (C-Die) zu verdanken ist. Die Latenzen lassen sich zwar nicht so gut wie bei Top-Kits optimieren, doch zum Preis von 170 Euro erhalten RGB-Fans einen guten Gegenwert.

Patriot Viper RGB (PVR416G320C6KW): Giftschlange in bunt und günstig. Die wahlweise in Schwarz oder Weiß erhältlichen Viper-RGB-Kits sind mit Taktraten ab DDR4-2666 erhältlich und zählen damit zu den günstigeren RGB-Lösungen. Ungewohnt: Ohne Software-Justierung leuchten die LEDs an den Außenseiten nur gelegentlich auf. Beide 8 GiByte fassende DDR4-3200-Riegel sind mit SK-Hynix-Chips bestückt, denen wir immerhin einen stabilen DDR4-3600-Betrieb bei 1,35 Volt abtrotzen können. Mit einer ordentlichen Grundleistung und brauchbaren Tuning-Reserven ist das Kit für Spieler interessant, die günstig in die RGB-LED-Welt einsteigen möchten. Die Hyper-X-Riegel sind allerdings in beinahe jedem Aspekt ein bißchen besser, weshalb der Preisunterschied nach unserem Geschmack etwas größer ausfallen sollte. Interessierte prüfen am besten die Verfügbarkeit –

DDR4-RAM

Auszug aus Testtabelle
mit 49 Wertungskriterien

Produkt	Trident Z Royal	Xcalibur RGB General Edition	Predator RGB
Hersteller (Webseite)	G.Skill (gskill.com)	Teamgroup (teamgroupinc.com)	Hyper X (hyperxgaming.com)
Produktnummer	F4-3200C14Q-32GTRG	TF5D416G3600HC18EDC01	HX432C16PB3AK2/16
PCGH-Preisvergleich	Noch nicht gelistet	www.pcgh.de/preis/1868805	www.pcgh.de/preis/1871590
Preis/Preis-Leistung	Entfällt	Ca. € 230,- (€ 14,38 pro GiB)/Note 4+	Ca. € 170,- (€ 10,63 pro GiB)/Note 2-
Ausstattung (20 %)	**1,90**	**2,00**	**2,16**
Kühlkörper	Metallkörper mit Kunststoffeinsatz	Metallkörper mit Kunststoffeinsatz	Metallkörper mit Kunststoffeinsatz
Besondere Ausstattung	RGB-LED-Beleuchtung (Regelung via Software), Putztuch, Aufkleber (G.Skill-Logo)	RGB-LED-Beleuchtung (Regelung via Software), Aufkleber (T-Force-Logo)	RGB-LED-Beleuchtung (Regelung via Software), Aufkleber (Hyper-X-Logo)
Infos auf Aufkleber	Kapazität, Takt, Latenzen (CAS, RCD, RP, RAS), Spannung	Kapazität, Takt, Latenzen (CAS, RCD, RP, RAS), Spannung	Spannung, in Produktnummer: Kapazität, Takt, CAS-Latenz
Eigenschaften (20 %)	**2,22**	**2,64**	**2,79**
Kapazität	4 × 8 GiByte	2 × 8 GiByte	2 × 8 GiByte
Herstellervorgabe	DDR4-3200, 14-14-14-34, 1,35 Volt	DDR4-3600, 18-20-20-44, 1,35 Volt	DDR4-3200, 16-18-18-36, 1,35 Volt
SPD-EEPROM (Einträge/max. Takt)	7/DDR4-2133 (15-15-15-36)	9/DDR4-2400 (16-16-16-39)	9/DDR4-2400 (17-17-17-39)
XMP-Werte (in UEFI auswählbar)	DDR4-3200, 14-14-14-34, 1,35 Volt (XMP 2.0)	DDR4-3600, 18-20-20-44, 1,35 Volt (XMP 2.0)	DDR4-3200, 16-18-18-36, 1,35 Volt (XMP 2.0)
Höhe/Breite mit Kühler	4,4/0,9 cm	5,2/1,0 cm	4,3/0,9 cm
Temperatur (Last, 1,35 Volt)**, Sensor	41,1 °C, Seiko Instruments S-34T04A	39,4 °C, nicht vorhanden	38,6 °C, nicht vorhanden
Chips (nicht garantiert!)	8 × Samsung K4A8G085WB-BCPB (20 nm)	8 × Samsung K4A8G085WB-BCPB (20 nm)	8 × SK Hynix H5AN8G8NCJR-UHC (18 nm)
Organisation (physisch/logisch)	Single-sided/single-ranked	Single-sided/single-ranked	Single-sided/single-ranked
Leistung (60 %)*	**2,17**	**2,37**	**2,65**
Herstellervorgabe: Kopierrate, Latenz	46.224 MB/s, 44,9 Nanosekunden	45.517 MB/s, 44,8 Nanosekunden	41.787 MB/s, 47,0 Nanosekunden
Herstellervorgabe: 3 GB kompr./verschlüsseln	119 Sekunden	140 Sekunden	138 Sekunden
Herstellervorg.: Kingdom Come Deliverance	46,9/35 Fps (Avg./Min.)	44,7/34 Fps (Avg./Min.)	44,8/33 Fps (Avg./Min.)
Undervolting bei Standard-Takt/-Latenzen	-4 % (1,295 Volt)	-11 % (1,200 Volt)	-15 % (1,150 Volt)
1,20 Volt: Stabile Latenzen (DDR4-2666/3000/3333)	13-13-13-39/15-15-15-45/17-16-16-48	14-13-13-39/15-15-15-45/17-16-16-48	13-15-15-45/15-16-16-48/16-18-18-54
1,35 Volt: Stabile Latenzen (DDR4-3333/3600/3866)	15-14-14-42/15-15-15-45/17-16-16-48	15-14-14-42/16-15-15-45/17-17-17-51	14-17-17-51/16-18-18-54/18-20-20-60
FAZIT	⊕ Grundleistung, Kapazität, OC-Reserven ⊖ Voraussichtlich hoher Preis pro GiByte	⊕ DDR4-3600 garantiert, Tuning-Reserven ⊖ Preis pro GiByte	⊕ DDR4-3866 bei 1,35 Volt stabil ⊕ Gutes P/L-Verhältnis (für RGB-RAM)
	Wertung: **2,13**	Wertung: **2,35**	Wertung: **2,58**

* System: Core i7-8700K @ 4,8/4,8 GHz (Kerne/Cache), Asus Maximus X Apex/Hero (UEFI 1704), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Command Rate 2T; Win 10 64 Bit, Geforce 397.64 WHQL
** Normiert auf 25 °C Raumtemperatur

zum Testzeitpunkt war die schwarze Veriante PVR416G320C6K bereits ab 140 Euro gelistet (aber nicht auf Lager).

Gigabyte Aorus RGB Memory (GP-AR32C16S8K2SU416R): Verpasste Chance. Gigabyte steigt mit zwei Kits in den DDR4-Markt ein, neben einem DDR4-2666-Set mit kompakten Heatspreader die in diesem Artikel geprüften Module mit einer Freigabe für DDR4-3200 (16-18-18-18) bei 1,35 Volt im Design der Aorus-Mainboards. Obwohl es sich um ein Speicherkit mit 2 × 8 GiByte handelt, liegen vier Module in der Packung. Zwei davon sind nämlich Dummy-Riegel, die einen Kühlkörper und RGB-LEDs beinhalten, aber keine zusätzliche Speicherkapazität bieten. Die Idee dahinter: Durch das Hinzustecken der RGB-Platinen lässt sich auf typischen ATX-Boards mit vier DIMM-Slots der Eindruck von Vollbestückung ohne optische Löcher zwischen den RAM-Modulen erzeugen.

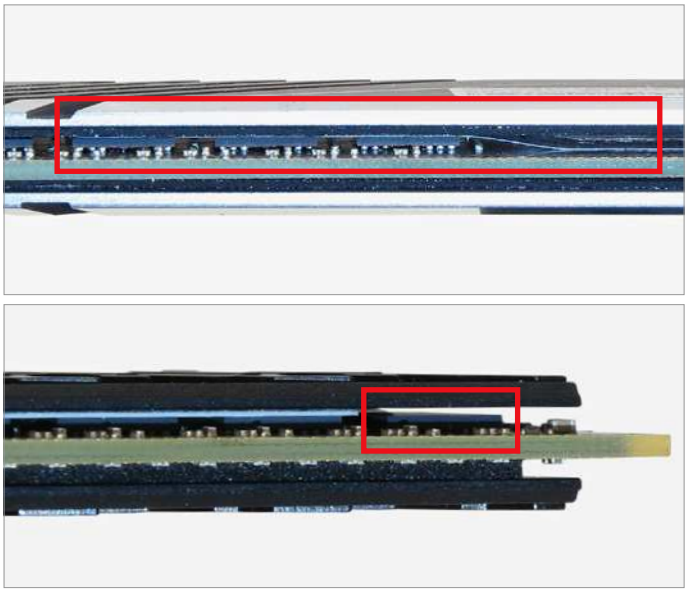
Leider leistet das Kit in der Praxis nicht das, was die verbauten Chips des Typs Samsung B-Die – welche Gigabyte sogar auf der Produkt-Website garantiert – eigentlich sollten. Bereits im niedrigen Taktbereich müssen wir höhere Timings als bei Konkurrenzprodukten mit den gleichen Bausteinen einstellen, mit Overclocking wird das Defizit noch offensichtlicher: Ein stabiler DDR4-3600-Betrieb bei 1,35 Volt glückt uns selbst mit sehr entspannten Timings nicht, was sogar den beiden SK-Hynix-basierten und deutlich günstigeren Kits gelingt. Eine Inkompatibilität mit dem Testsystem können wir ausschließen: Mit einer Ryzen-CPU und einem Aorus-Mainboard verhielten sich die Sticks tendenziell noch schlechter. Auch die zwei Dummy-DIMMs scheiden als Übeltäter aus, da es sich technisch um ein Kit mit zwei Speichermodulen handelt, das wir daher auf dem Sockel-1151-Board mit nur zwei Slots getestet haben.

Ursächlich ist vermutlich ein suboptimales PCB-Design, denn auch von uns im Internet aufgestöberte Testergebnisse deuten darauf hin, dass trotz eigentlich richtig guter Chips der Tuning-Spielraum ungewöhnlich klein ausfällt. Allerdings: Das muss Nutzer, die sich mit den garantierten Eckdaten zufrieden geben, nicht stören. Die Grundleistung ist schließlich ordentlich und die interessante Idee der Dummy-Module wurde bereits von der Konkurrenz aufgegriffen: Corsair bringt das Vengeance Pro DDR4 Light Enhancement Kit mit zwei weißen oder schwarzen RGB-Sticks für ca. 40 Euro in den Handel. *(sw)*

Fazit

DDR4-Kits mit RGB-LEDs

Ob RAM eine konfigurierbare Beleuchtung oder goldene Heatspreader braucht, ist Geschmackssache. Während G.Skill gewohnte Qualität (zum voraussichtlich hohen Preis) bietet, sind die Kits von Hyper X und Patriot für preisbewusste RGB-Fans einen Blick wert. Gigabytes RAM-Debüt überzeugt hauptsächlich optisch.



Fragwürdige Details: Gigabyte platziert einen Sticker unterhalb des Heatspreaders, der zwischen Chips und Wärmeleitpad liegt. Hyper X verwendet zu kurze Wärmeleitpads, wodurch die jeweils äußeren Chips gar keinen Kontakt zum Kühler haben.

DDR4-RAM

Auszug aus Testtabelle mit 49 Wertungskriterien

Produkt	Viper RGB	Aorus RGB Memory
Hersteller (Webseite)	Patriot (www.patriotmemory.com)	Gigabyte (gigabyte.com)
Produktnummer	PVR416G320C6KW	GP-AR32C16S8K2SU416R
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1821766	www.pcgh.de/preis/1898434
Preis/Preis-Leistung	Ca. € 160,- (€ 10 pro GiB)/Note 3	Ca. € 250,- (15,63 pro GiB)/Note 5
Ausstattung (20 %)	**2,07**	**1,76**
Kühlkörper	Metallkörper mit Kunststoffeinsatz	Metallkörper mit Kunststoffeinsatz
Besondere Ausstattung	RGB-LED-Beleuchtung (Regelung via Software), zwei Aufkleber (Viper-Logo)	RGB-LED-Beleuchtung (Regelung via Software), zwei Dummy-Module mit RGB-LEDs
Infos auf Aufkleber	Kapazität, Takt, CAS-Latenz, Spannung	Kapazität, Takt, Latenzen (CAS, RCD, RP, RAS), Spannung
Eigenschaften (20 %)	**2,81**	**2,74**
Kapazität	2 × 8 GiByte	2 × 8 GiByte
Herstellervorgabe	DDR4-3200, 16-18-18-36, 1,35 Volt	DDR4-3200, 16-18-18-38, 1,35 Volt
SPD-EEPROM (Einträge/max. Takt)	7/DDR4-2133 (15-15-15-36)	9/DDR4-2133 (15-15-15-36)
XMP-Werte (in UEFI auswählbar)	DDR4-3200, 16-18-18-36, 1,35 Volt (XMP 2.0)	DDR4-3200, 16-18-18-38, 1,35 Volt (XMP 2.0)
Höhe/Breite mit Kühler	4,7/0,9 cm	4,0/0,9 cm
Temperatur (Last, 1,35 Volt)**, Sensor	40,6 °C, nicht vorhanden	39,5 °C, Giantec GT34TS04
Chips (nicht garantiert!)	8 × SK Hynix H5AN8G8N?FR-TFC	8 × Samsung K4A8G085WB-BCPB (20 nm)
Organisation (physisch/logisch)	Single-sided/single-ranked	Single-sided/single-ranked
Leistung (60 %)*	**3,10**	**3,45**
Herstellervorgabe: Kopierrate, Latenz	41.683 MB/s, 45,7 Nanosekunden	41.566 MB/s, 45,9 Nanosekunden
Herstellervorgabe: 3 GB kompr./verschlüsseln	138 Sekunden	138 Sekunden
Herstellervorg.: Kingdom Come Deliverance	44,8/33 Fps (Avg./Min.)	44,8/32 Fps (Avg./Min.)
Undervolting bei Standard-Takt/-Latenzen	-10 % (1,210 Volt)	-6 % (1,270 Volt)
1,20 Volt: Stabile Latenzen (DDR4-2666/3000/3333)	14-15-15-45/16-17-17-51/17-19-19-57	15-14-14-42/16-16-16-48/18-18-18-54
1,35 Volt: Stabile Latenzen (DDR4-3333/3600/3866)	15-18-18-54/17-19-19-57/nicht stabil	16-18-18-54/nicht stabil/nicht stabil
FAZIT	⊕ Gutes P/L-Verhältnis (für RGB-RAM) ⊕ Brauchbare Tuning-Reserven	⊕ RGB-Dummy-Module, B-Die-Garantie ⊖ Trotzdem wenig Tuning-Reserven, Preis
	Wertung: **2,84**	Wertung: **2,97**

* System: Core i7-8700K @ 4,8/4,8 GHz (Kerne/Cache), Asus Maximus X Apex/Hero (UEFI 1704), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC, Command Rate 2T, Win 10 64 Bit, Geforce 397.64 WHQL
** Normiert auf 25 °C Raumtemperatur

Gehäuse, zu deren Ausstattung eine RGB-Beleuchtung gehört, kosten kein Vermögen. Für unter 100 Euro bekommen Sie ein gut und leise kühlendes Mittelklassemodell.

Bezahlbare Beleuchtungskünstler

Bild: Sharkoon

Wer seiner Hardware ein neues Zuhause spendieren möchte, legt sich in der Regel eine Preisgrenze fest. Während für Spieler mit üppigem Budget Midi- oder Big-Tower der Oberklasse wie das Fractal Design Define S2, Be Quiet Dark Base Pro 900, Raijintek Zofos Evo oder High-End-Spezialgehäuse wie das In Win 915, Cooler Master Cosmos C700M und Mastercase SL600M bereitstehen, schauen sich Käufer, die jeden Cent zweimal umdrehen müssen, eher im Preissegment bis 100 Euro um. Bei den hier angebotenen Gehäusen muss man jedoch bei der Ausstattung ein paar Einschränkungen in Kauf nehmen. Eine gute Kühlung und akzeptable Dämmung sollte ein empfehlenswertes mittelgroßes Gehäuse dagegen auf jeden Fall bieten, denn die Leistung bleibt die wichtigste Disziplin eines Hardware-Heims.

Folgende Produkte finden Sie im Test

- **Bitfenix Enso Mesh**
- **Chieftec Scorpion 2**
- **LC-Power Gaming 998B Rambot**
- **Sharkoon Pure Steel**
- **Silentiumpc Armis AR7 TG RGB**
- **Thermaltake Versa J24 TG ARGB**

Wieviel Extras für 100 Euro?

Dass ein Gehäuse für 100 Euro oder weniger nicht mit einer Vollausstattung glänzen kann, sollte dem Käufer bewusst sein. Doch welche Features kann man von der preislichen Gehäusemittelklasse erwarten? Mindestens ein Seitenteil aus Glas sowie eine RGB-Beleuchtung mit Steuerungsplatine für Lüfter, LED-Elemente oder LED-Leisten gehören zum Aussattungsstandard, der auch bei allen sechs Modellen dieses Vergleichstest vorhanden ist. Der zweigeteilte Innenraum, bei dem eine Kammer für die Hauptplatine sowie eine weitere für das Netzteil und meist auch den 3,5/2,5-Zoll-Laufwerkskäfig bereitsteht, ist ebenfalls bei allen getesteten Gehäusen zu finden. Das gilt auch für 2,5-Zoll-Laufwerksbefestigungen, die auf der Rückseite des Mainboard-Trays oder auf der Oberseite der Netzteilkammer platziert werden. Ebenfalls wichtig sind zur Reinigung einfach entfernbare Staubfilter an der Front und dem Deckel, falls dieser ab Werk offen ist oder geöffnet werden kann.

Zu den optionalen Extras dagegen gehören ein weiteres Seitenteil aus Glas sowie eine gläserne Front, eine mehrstufige Lüftersteuerung oder die Möglichkeit, die Grafikkarte hochkant einbauen zu können. Dazu kommen Dinge wie eine invertierbare Mainboard-Halterung, spezielle Deckelkonstruktionen und ein Kabelführungssystem mit Klettverschluss. Letzteres Ausstattungmerkmal ist immerhin beim Erstplatzierten des nun folgenden Vergleichstests vorhanden. *(fs)*

Silentiumpc Armis AR7 TG RGB: Gelungene Austattung, gute Leistung

Der Sieger dieses Test, das AR7 TG RGB von Silentiumpc, kombiniert eine Ausstattung mit vielen, für die Preisklasse nicht üblichen Extras mit einer guten Kühlung bei geringer Geräuschkulisse.

Die erste Ausstattungsbesonderheit des Armis AR7 TG RGB findet man bei den Laufwerksplätzen. Neben einem Kombikäfig für drei 3,5/2,5-Zoll-HDDs sowie sechs weiteren Montagemöglichkeiten (Schraubenlöcher) für 2,5-Zoll-HDDs/SSDs steht auch eine kurze Halterung bereit, an der zwei optische Laufwerke angebracht werden können. Die 5,25-Zoll-Halterung lässt sich auf Wunsch herausnehmen, danach passen je drei 120 mm oder zwei 140 mm große Lüfter (2 × 120 mm Frontlüfter im Lieferumfang) in die Front. Dementsprechend dürfen Radiatoren für Wasserkühlungen bis zu 360 beziehungsweise 280 mm groß sein. Der Deckel, der durch einen magnetischen Staubfilter geschützt ist, bietet ab Werk Platz für je drei 140-mm- oder 120-mm-Lüfter (alternativ: 420/360-mm-Radiator). Die RGB-Beleuchtung des 120-mm-Hecklüfters und der beiden magnetischen, frei platzierbaren LED-Leisten wird mithilfe eines Kontrollers per PWM oder Knopfdruck am wahlweise oben oder unten anbringbaren I/O-Panel geregelt. Wer die Drehzahlregulierung der Gehäuselüfter nicht dem UEFI der Platine überlassen will, kann die dreistufige Lüftersteuerung nutzen, indem er die Propeller an die mit Klettband befestigten RGB-Steuereinheit anschließt.

Zu den weitere Extras der Ausstattung gehören ein verschiebbarer Hecklüfter, die Möglichkeit, die Grafikkarte hochkant einzubauen, leicht entfernbare Staubfilter an der Front und dem Boden sowie eine Kabelführung mit Klettverschlüssen. Letzteres ist vor allem beim Einbau der Hardware in den mit 63,9 Liter Volumen sehr großen Innenraum nützlich, in den auch lange GPUs bis 42 cm und Netzteile mit Überlänge (maximal 23 cm) passen. Der Midi-Tower punktet zusätzlich mit seiner Leistung, denn die Kühlung fällt gut aus (CPU: 63,0 °C, GPU: 71,0 °C, Innenraum: 35,3 °C, Wertung: 1,95) und die Lüfterlautheit liegt bei hörbaren, aber nicht störenden 1,2/1,4 Sone.

Bitfenix Enso Mesh: Jüngster Enso-Spross mit offener Wabengitterfront

Um die Frischluftzufuhr zu verbessern, spendiert Bitfenix dem Enso eine luftdurchlässige Front mit Wabengitterstruktur. Das verbessert die Kühlung, erhöht aber die Geräuschentwicklung.

Von der Wabengitterfront und dem zur Steuerung von mehrfarbigen RGB-LEDs gewechselten Kontroller abgesehen, ist die Ausstattung des Bitfenix Enso Mesh im Vergleich mit seinem Vorgänger fast gleich geblieben. Eine Lüftersteuerung, eine Dämmung oder ein Kabelmanagement mit Klettverschlüssen fehlen auch hier. Dafür leuchten die vier rund um die Mesh-Front verteilten LEDs nicht einfarbig, sondern lassen sich per Knopfdruck oder über die Platine ansteuern, um Farbverläufe darzustellen. Möglich wird dies durch den neuen, zur Bitfenix' Alchemy-2.0- und Alchemy-3.0-LED-Technik kompatiblen Kontroller. Mit diesem können Sie zum Beispiel die farbigen Lichtspielereien beim horizontal verschiebbaren 120-mm-Lüfter regeln. Wie beim Modell mit geschlossener Front befinden sich auf der Rückseite des Mainboard-Trays acht Schraubenlöcher zur Befestigung von zwei 2,5-Zoll-Laufwerken und eine demontierbare SSD-Halterung. Ein Kombikäfig für zwei 3,5/2,5-Zoll-HDDs ist hinter der Netzteilabdeckung platziert.

An die Front lassen sich neben dem unbeleuchteten 120-mm-Lüfter zwei weitere Modelle montieren. Alternativ bietet das Enso Mesh Montageplatz für zwei 140-mm-Propeller oder Radiatoren mit 360/280 mm Länge (max. Breite/Dicke: 141/35 mm). Unterhalb des Deckels können Sie zwei weitere 120-mm-Modelle oder einen 240-mm-Radiator anschrauben. Die magnetische Abdeckung, die den Deckel schließt, ist gegen eine offene Variante mit Filterfunktion austauschbar. Weitere nützliche Extras des Preis-Leistungs-Tipps sind Staubfilter in der Innenseite der Wabengitterfront sowie am Boden. Davon abgesehen, dass nur Stromgeber mit Standardlänge bis 16 cm in die Netzteilkammer passen, verläuft der Hardware-Einbau problemlos. Wie versprochen, verbessert sich die Kühlleistung durch die Wabengitterfront von 70,0 °C/75,0 °C beim Enso auf 65,0 °C/70,0 °C beim Enso Mesh. Die Kehrseite der Medaille: Die Gesamtlautheit steigt von 1,1/1,1 Sone auf 1,5/1,6 Sone (Leistungsnote: 2,40).

Chieftec Scorpion 2 RGB: Bunter RGB-Lichtspieler mit Fernbedienung

Beim Scorpion 2, dem jüngsten Zuwachs in Chieftecs Gehäusefamilie, legt man viel Wert auf eine auffällige Optik. Die garantieren vier RGB-Ringlüfter, eine Glasfront und ein gläsernes Seitenteil.

Die bunte und durch die vier (3 × 120 mm Front/1 × 120mm Heck) von Chieftec als „Rainbow-RGB-Ringlüfter" bezeichneten Propeller produzierte Beleuchtung steht bei der Ausstattung des Scorpion 2 klar im Mittelpunkt. Damit die RGB-Lichttricks präsentiert werden können, verfügt der am Boden und am offenen Deckel mit einem zweigeteilten respektive magnetischen Staubfilter bestückte Midi-Tower über ein Seitenteil und eine Frontpartie aus gehärtetem Glas. Die RGB-Effekte, die Farben sowie die Helligkeit der Lüfterbeleuchtung lassen sich jedoch ausschließlich mit der mitgelieferten Fernbedienung anpassen. Letzteres gilt auch für die Drehzahl der Lüfter, bei denen der sonst übliche Drei- oder Vierpolanschluss fehlt. Eine Steuerung per UEFI ist ebenfalls nicht möglich, da der Kontroller nicht mit dem Mainboard verbunden werden kann.

Wie bei allen getesteten Gehäusen bleibt auch bei Chieftecs Scorpion 2 der Innenraum laufwerksfrei. Eine Kombihalterung für je zwei 3,5/2,5-Zoll-HDDs befindet sich in der mit einem Kabeldurchlass versehenen Netzteilkammer. Zwei abschraubbare SSD-Befestigungen sind neben der RGB-Platine platziert. Wer das Scorpion 2 mit weiteren Lüftern/Radiatoren bestücken möchte, findet im Deckel eine Montagemöglichkeit für zwei 120-mm-Modelle oder einen 240-mm-Wärmetauscher. Ebenfalls im mit 2,89 bewerteten Ausstattungspaket: eine werkzeuglose 3,5-Zoll-Laufwerkshalterung sowie eine Kabelführung. Letztgenannte erweist sich zusammen mit den Durchlässen ohne Plastikeinsatz als hilfreich bei der Verlegung der Kabel nach dem problemlosen Komponenteneinbau. Bei der Kühlleistungsmessung erzielt das Chieftec Scorpion 2 mit 63,0 °C (CPU) und 71,0 °C (GPU) dieselben Temperaturen wie das Silentiumpc Armis AR7 TG RGB. Die Innenraumtemperatur fällt mit 40,0 °C 4,5 °C höher aus als beim Testsieger mit 20 Liter mehr Innenraumvolumen. Die gute Kühlleistung (Note: 1,97) wird jedoch auch hier mit einer hohen Lüfterlautheit von 2,5/2,3 Sone teuer erkauft.

Sharkoon Pure Steel: Stahlgehäuse mit speziellem Innenraumdesign

Sharkoons günstiges Gehäuse mit Glasseitenteil präsentiert sich mit einem invertierten Innenraum: Die Netzteilkammer hängt unter dem Deckel und die drei RGB-Lüfter sind am Boden befestigt.

Die ungewöhnliche, invertierte Innenraumgestaltung ist das auffälligste Ausstattungsmerkmal des fast ohne Kunststoff gerfertigten Pure Steel. Damit so gut wie keine Abwärme des Netzeils in den 47,3 Liter fassenden Innenraum dringt, ist die Kammer für den Stromgeber, in deren vorderem Teil sich zusätzlich eine Halterung für ein 3,5/2,5-Zoll-Speichermedium befindet, unter dem Deckel angebracht. Im Gegenzug sind beim Sharkoon Pure Steel die Lüfter am Boden angeschraubt, die standardmäßig an der Front montiert wären, um den laufwerksfreien Innenraum mit Frischluft zu versorgen. Wem die Lüfterbestückung ab Werk (siehe Bild) nicht reicht, der kann zwei weitere 120-mm-Modelle oder einen 240-mm-Radiator an der Montageplatte neben den Kabeldurchlässen anbringen. Dazu muss jedoch die SSD-Halterung (2 × 2,5 Zoll) auf der Rückseite des Mainboard-Trays entfernt werden. Die vier mitgelieferten RGB-LED-Lüfter sowie die achtfache RGB-LED-Steuerungsplatine sind ein weiterer Ausstattungshöhepunkt. Die Beleuchtungskontrolle erfolgt beim Pure Steel entweder über ein Board mit 3-poligem Anschluss oder wird manuell geregelt. Es stehen 14 Beleuchtungsmodi bereit, die Sie mithilfe der Reset-Taste durchgewechseln können. Ein Grafikkartenhalter, ein durchgängiger Staubfilter mit Zugmechanismus am Boden und ein verschiebbarer Hecklüfter runden die für einen Spartipp angemessene Ausstattung (Wertung: 3,51) ab.

Obwohl das Sharkoon kein Raumwunder ist, passen – bedingt durch das Innenraumdesign mit den fehlenden Frontlüftern und der langen Netzteilkammer – auch GPUs und Stromgeber mit bis zu 42,0 cm respektive 29,5 cm Länge in den preiswerten Midi-Tower. Die Kühlleistung fällt mit Temperaturen von 66,0 °C (CPU), 70,0 °C (GPU) und 29,4 °C ebenfalls gut aus. Die Lüfterlautheit von 1,7/1,9 Sone kann man bei einem Preis von 80 Euro verschmerzen und mithilfe von Drehzahlreduktion senken.

LC-Power Gaming 988B Rambot:
Nur mit drahtloser RGB-Steuerung

Wie beim Chieftec Scorpion 2 steht auch bei LC-Powers mit einem Seitenteil aus Glas und einer Acrylfront bestückten Midi-Tower die fernbedienbare RGB-Beleuchtung im Mittelpunkt.

Mit vier RGB-Lüftern und einem Steuerungsmodul, bei dem die Lichtspielereien mit den Lüfter-LEDs per Fernbedienung durchgeführt werden, fällt das RGB-Beleuchtungspaket des LC-Power Gaming 988B Rambot auf jeden Fall umfangreich aus. Perfekt ist die Lösung, die LC-Power anbietet, aber nicht, denn es fehlt sowohl die Möglichkeit, die Beleuchtung per Hauptplatine als auch per Knopfdruck zu steuern. Im direkten Vergleich hat Sharkoon beim Pure Steel die bessere Lösung auf Lager. Die vier 120-mm-Lüfter (3 × Front, 1 × Heck) können mit zwei weiteren 140-mm-Modellen im Deckel (280/240-mm-Radiator) sowie einem 120-mm-Propeller auf der Netzteilabdeckung erweitert werden. Der Innenraum ist frei von Laufwerken, ein Kafig für zwei 3,5/2,5-Zoll-HDDs befindet sich im vorderen Teil der Netzteilkammer. Die restlichen Anbringungsmöglichkeiten (Schraubenlöcher) für weitere drei 3,5-Zoll- oder 2,5-Zoll-Festplatten sind auf der Rückseite des Mainboard-Trays verteilt. Weitere Dinge auf der Liste der mit 3,80 bewerteten Ausstattung sind eine werkzeuglose 3,5-Zoll-Laufwerkshalterung, der Staubschutz für den Deckel mit Schraubmechanismus sowie ein nicht entfernbarer Staubschutz im hinteren Teil der Netzteilkammer.

Obwohl der Inneraum mit 56,1 Litern Volumen nicht klein ausfällt, passen E-ATX-Modelle nicht in das Gaming 988B Rambot, da diese die Kabeldurchführungen abdecken. Das Netzteil darf dagegen 19 cm lang sein. Trotz fehlender Führungen klappt die Kabelverlegung genauso problemlos wie der Hardware-Einbau. Was stört, ist die Tatsache, dass die Lüfter sich nicht per Drei- oder Vier-Pin-Anschluss mit der Platine oder direkt mit dem Netzteilstrang verbinden lassen. Die Propeller gehen für die guten Kühleigenschaften (CPU: 64,0 °C, GPU: 72,0 °C, Innenraum: 35,7 °C, Wertung: 2,04) nämlich mit hörbaren 1,7/1,9 Sone zu Werke und ihre Drehzahl lässt sich nicht verringern.

Thermaltake Versa J24 TG ARGB:
Gute, aber geräuschvolle Kühlung

Da beim Versa J24 TG ARGB eine gute Kühlung und die Präsentation der RGB-Beleuchtung im Fokus stehen, spendiert Thermaltake dem günstigen Gehäuse eine offene Wabengitter-Front.

Das wohl wichtigste Ausstattungsmerkmal des mit einem Seitenteil aus Glas bestückten Thermaltake Versa J24 ARGB ist die RGB-Beleuchtung der drei mit neun ansteuerbaren 5V-LEDs bestückten, hauseigenen 120-mm-Frontlüfter. Die 27 möglichen RGB-Beleuchtungsmodi können Sie entweder mithilfe eines Knopfes am I/O-Panel oder der RGB-Steuerung Ihrer Hauptplatine anwählen. Für das Ansteuern der Lichtspielereien per Mainboard steht am RGB-Kontroller ein Anschlusskabel bereit. Unterstützt werden RGB-Steckverbindungen (Header) sowie die RGB-Synchronisierungssoftware von Asus (Aura Sync), Gigabyte (RGB Fusion Ready), MSI (Mystic L ight Sync) und Asrock (Polychrome RGB).

Von der dank großmaschiger Waben sehr offen gestalteten und durch einen Staubfilter geschützten Front abgesehen fällt die restliche Ausstattung nur durchschnittlich aus. Im vorderen Bereich der Netzteilkammer befindet sich ein Kombikäfig für zwei 3,5/2,5-Zoll-Laufwerke, auf der Abdeckung findet man zwei entfernbare SSD-Halterungen. Der Deckel, in den zwei weitere 140/120-mm-Lüfter oder ein 280/240-mm-Radiator eingebaut werden können, verfügt über einen magnetischen Staubschutz. Der unbeleuchtete 120-mm-Hecklüfter kann vertikal verschoben werden, die Befestigung für die 3,5-Zoll-HDDs ist schraubenlos und dort, wo das Netzteil eingebaut wird, befindet sich ein entfernbarer Staubfilter. Für den Einbau der Hardware steht auch dann noch ausreichend Platz bereit, wenn die beiden Halterungen auf der Netzteilkammer mit SSDs bestückt sind. Allerdings limitiert die Gehäusetiefe von nur 41 cm die Maximallänge der GPU auf 33 cm und des Netzteils auf das Standardmaß von 16 cm. Die Wabengitterfront und der offene Deckel haben einen positiven Einfluss auf die Kühlung von CPU (65,0 °C) und GPU (70 °C). Im Gegenzug dringt das Lüftergeräusch mit 2,1/2,1 Sone ungedämmt durch die offene Front.

Gehäuse

Auszug aus Testtabelle
mit 45 Wertungskriterien

Gehäuse	Armis AR7 TG RGB	Enso Mesh	Scorpion 2 RGB
Hersteller (Webseite)	Silentiumpc (www.silentiumpc.com)	Bitfenix (www.bitfenix.com)/Caseking.de	Chieftec (www.chieftec.eu/de)
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1825501	www.pcgh.de/preis/1942836	www.pcgh.de/preis/1895145
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis (getestete Version)	Ca. € 90,-/gut (ein Seitenteil aus Glas, keine Dämmung)	Ca. € 90,-/noch gut (ein Seitenteil aus Glas, keine Dämmung)	Ca. € 90,-/noch gut (ein Seitenteil und die Front aus Glas, keine Dämmung)
Version ohne Fenster/ohne Dämmung	N. v./ca. € 90,-	N. v./ca. € 90,-	N. v./ca. € 90,-
Ausstattung (20 %)	**2,72**	**3,08**	**2,89**
Plätze für Laufwerke	2 × 5,25 Zoll, 3 × 3,5/2,5 Zoll, 6 × 2,5 Zoll	2 × 3,5/2,5 Zoll, 3 × 2,5 Zoll	2 × 3,5/2,5 Zoll, 2 × 2,5 Zoll
Erweiterungsslots (Blende)	Acht + zwei (GPU-Riser)	Sieben	Sieben
Handbuch	Sehr ausführlich	Sehr ausführlich	Sehr ausführlich
Lüfterplätze	Deckel: 3 × 140/120 mm, Front: 3 × 140/120 mm (ohne 5,25-Zoll-Halterung), Heck: 1 × 140/120 mm, Seitenteil:-, Boden:-	Deckel: 2 × 120 mm, Front: 2 × 140 oder 3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: -, Boden: -	Deckel: 2 × 120 mm, Front: 3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: -, Boden: -
Vorhandene Lüfter	2 × 120 mm (Front), 1 × 120 mm (Heck, RGB)	1 x 120 mm (Front), 1 x 120 mm (Heck, RGB)	3 × 120 mm (Front, RGB), 1 × 120 mm (Heck, RGB)
Frontanschlüsse	2 × USB 3.0, Audio	2 x USB 3.0, Audio	2 × USB 3.0, 1 × USB 2.0, Audio
Besonderheiten	Ein Seitenteil aus Glas, I/O-Panel, oben/unten anbringbar, RGB-Beleuchtung (Hecklüfter, RGB-LED-Leisten), Netzteilkammer (zweigeteilter Inneraum), SSD-Montage auf der Rückseite des Mainboard-Trays/Oberseite Netzteilkammer, Hecklüfter für Radiator verschiebbar, magnetischer Staubschutz für den Deckel, werkzeugfreie Befestigung von HDDs, Grafikkarte hochkant einbaubar, leicht entfernbarer Staubschutz in der Front, Lüftersteuerung (dreistufig), Staubschutz am Boden mit Zugmechanismus, Modul für die RGB-LED- und Lüftersteuerung, Kabelführungssystem mit Klettverschlüssen	Ein Seitenteil aus Glas, RGB-beleuchteter Hecklüfter, RGB-LED-Beleuchtung (Frontpartie), Netzteilkammer (zweigeteilter Inneraum), Gehäuseoberteil kann mit einer magnetischen Abdeckung geschlossen werden, Hecklüfter für Radiator verschiebbar, SSD-Montage auf der Rückseite der Mainboard-Halterung, werkzeuglose 3,5-Zoll-Laufwerkshalterung, magnetischer Staubschutz für den Deckel und die Front, Staubschutz am Boden mit Zugmechanismus, Steuerung für die RGB-Beleuchtung (Mainboard [PMW] und Knopf an der Front)	Ein Seitenteil und die Front aus Glas, RGB-Beleuchtung für Front- und Hecklüfter, Platine für die RGB-Beleuchtungssteuerung der Lüfter (mit Fernbedienung), Netzteilkammer (zweigeteilter Innenraum), magnetischer Staubschutz für den Deckel, SSD-Montage auf der Rückseite des Mainboard-Trays, werkzeuglose 3,5-Zoll-Laufwerkshalterung, stufenlose Lüftersteuerung per Fernbedienung, entfernbarer Staubschutz am Boden (zweigeteilt)
Eigenschaften (20 %)	**1,70**	**1,88**	**2,07**
Material (nicht gewertet)	Stahl, Glas und Kunststoff	Stahl, Glas und Kunststoff	Glas (Seitenteil/Front), Stahl und Kunststoff
Gewicht (nicht gewertet)	8,9 Kg	7 Kg	6,9 Kg
Abmessungen (H x B x T)/Volumen	51,8 × 23,3 × 50,8 cm/63,9 Liter	48,9 × 21,0 × 42,2 cm/45,4 Liter	50,6 × 20,2 × 43,6 cm/44,7 Liter
Platz für Grafikkarte/CPU-Kühler/Netzteil	42,0/18,0/23,0 cm	34,0/16,0/18,0 cm	34,9/16,6/20,0 cm
Verarbeitung allgemein/Schnittkanten/Verwindungssteifheit	Gut/sehr gut/sehr gut	Gut/gut/sehr gut	Gut/gut/sehr gut
Zusammenbau */Besonderheiten beim Zusammenbau	Sehr gut/Festplattenkäfig herausnehmabr, Hecklüfter für Wasserkühlung verschiebbar, Kammer für die Platine, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, Lüftersteuerung, sehr gute Entkoppelung der HDDs	Sehr gut/SSD-Halterungen auf der Rückseite des MB-Trays demontierbar, Hecklüfter verschiebbar, separate Kammer für die Platine, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs	Gut bis sehr gut/SSD-Halterungen auf der Rückseite des MB-Trays demontierbar, Kammer für die Platine, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs, stufenlose Lüftersteuerung per Fernbedienung
Praxisprobleme	Keine	Keine	Leicht: Die Lüfter besitzen nur Stromanschlüsse für die RGB-Steuerungsplatine, aber keinen Drei-/Vier-Pin-Stecker (Mainboard-PWM). Sie sind nur per Fernbedienung steuerbar.
Kompatibilitätstest	Extended und XL-ATX passen nicht	XL-ATX passt nicht	Extended und XL-ATX passen nicht
Leistung (60 %)	**2,21 (Kühlung: 1,93/Lautheit: 2,50)**	**2,40 (Kühlung: 1,98/Lautheit: 2,81)**	**2,46 (Kühlung: 1,97/Lautheit: 2,94)**
Temperatur CPU	63,0 °C	65 °C	63,0 °C
Temperatur GPU (Lüfterdrehzahl/Takt)	71,0 °C (2.093 U/min/1835 MHz)	70 °C (2.072 U/min/1.835 MHz)	71,0 °C (2.101 U/min/1835 MHz)
Temperatur Innenraum Gehäuse/M.2-SSD	35,5 °C/52,0 °C	33,8 °C/58,0 °C	40,0 °C/55,0 °C
Lautheit der Lüfter, 50 cm Abstand frontal/schräg vorne (45-Grad-Winkel)	1,2/1,4 Sone	1,6/1,5 Sone	2,5/2,3 Sone
FAZIT	⊕ Beste Ausstattung/großer Innenraum ⊕ Gute Kühlleistung/geringe Lautheit	⊕ Ordentliche Ausstattung,gute Kühlung ⊖ Geräuschkulisse durch Wabengitter-Front	⊕ RGB-Lüfter/gute Kühlleistung (CPU/GPU) ⊖ Lautheit Lüfter ohne Drehzahlreduktion
	Wertung: **2,21**	Wertung: **2,43**	Wertung: **2,46**

* System: Intel Core i7-6700K, Intel Z170, Gigabyte Geforce GTX 1070 OC Edition (83 Grad Temp-Target), 2 x 8 GiByte DDR4-2133-RAM, Themalright AXP-100 (Q-Fan-Profil: Standard), Seasonic Focus+ Gold PCGH-Edition 550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C

Gehäuse

Auszug aus Testtabelle
mit 45 Wertungskriterien

Gehäuse	Pure Steel	Gaming 998B Rambot	Versa J24 TG ARGB
Hersteller (Webseite)	Sharkoon (https://de.sharkoon.com)	LC-Power (www.lc-power.com)	Thermaltake (https://de.thermaltake.com)
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1898904	www.pcgh.de/preis/1927085	www.pcgh.de/preis/1932649
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis (getestete Version)	Ca. € 80,-/voll gut (ein Seitenteil aus Glas, keine Dämmung)	Ca. € 95,-/befriedigend (ein Seitenteil aus Glas, keine Dämmung)	Ca. € 80,-/noch gut (ein Seitenteil aus Glas, keine Dämmung)
Version ohne Fenster/ohne Dämmung	N. v./€ 80,-	N. v./€ 95,-	N. v./ca. € 90,-
Ausstattung (20 %)	**3,51**	**3,31**	**3,80**
Plätze für Laufwerke	1 × 3,5/2,5 Zoll, 2 × 3,5 Zoll, 2 × 2,5 Zoll	5 × 3,5/2,5 Zoll	2 × 3,5/2,5 Zoll, 2 × 2,5 Zoll
Erweiterungsslots (Blende)	Sieben	Sieben	Sieben
Handbuch	Sehr ausführlich	Normales Faltblatt	Sehr ausführlich
Lüfterplätze	Deckel:-, Front:-, Heck: 1 × 120 mm, Seitenteil (neben der Platine): 2 × 120 mm, Boden: 3 × 120 mm	Deckel: 2 × 140/120 mm, Front: 3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: -, Boden: -, Netzteilkammer: 1 × 120 mm	Deckel: 2 × 140/120 mm, Front: 2 × 140 mm oder 3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seitenteil:-, Boden:-
Vorhandene Lüfter	3 × 120 mm (Boden, RGB), 1 × 120 mm (Heck, RGB)	3 × 120 mm (Front, ARGB), 1 × 120 mm (Heck, ARGB)	3 × 120 mm (Front, RGB) 1 × 120 mm (Heck)
Frontanschlüsse	2 × USB 3.0, Audio	2 × USB 3.0, Audio	2 × USB 3.0, Audio
Besonderheiten	Ein Seitenteil und die Front aus Glas, RGB-Beleuchtung für Front- und Hecklüfter, Platine für die RGB-Beleuchtungssteuerung der Lüfter (per Resetknopf oder Mainboard), Netzteilkammer (zweigeteilter Inneraum), SSD-Montage auf der Rückseite des Mainboard-Trays, Hecklüfter für Radiator verschiebbar, entfernbarer Staubschutz am Boden mit Zugmechanismus, Grafikkartenhalter	Ein Seitenteil aus Glas, RGB-Beleuchtung für Front- und Hecklüfter, Netzteilkammer (zweigeteilter Inneraum), SSD-Montage auf der Rückseite des Mainboard-Trays, RGB-Steuerungsmodul mit Fernbedienung, werkzeuglose 3,5-Zoll-Laufwerkshalterung, Staubschutz für den Deckel (Schraubmechanismus), nicht entfernbarer Staubschutz im hinteren Teil der Netzteilkammer	Ein Seitenteil und die Front aus Glas, RGB-Beleuchtung für Frontlüfter, Platine für die RGB-Beleuchtungssteuerung der Lüfter (per Knopf am I/O-Panel oder Mainboard), Netzteilkammer (zweigeteilter Inneraum), SSD-Montage auf der Oberseite der Netzteilkammer, Hecklüfter für Radiator verschiebbar, magnetischer Staubschutz für den Deckel, werkzeugfreie Befestigung von 3,5-Zoll-HDDs, Staubschutz für die Front mit Druckmechanismus, Staubschutz am Boden
Eigenschaften (20 %)	**1,65**	**2,07**	**2,08**
Material (nicht gewertet)	Stahl und Glas	Glas, Stahl und Kunststoff (Acrylglasfront)	Stahl, Glas und Kunststoff
Gewicht (nicht gewertet)	8,6 kg	8,1 Kg	6,2 Kg
Abmessungen (H x B x T)/Volumen	47,5 × 21,0 × 47,4 cm/47,3 Liter	51,6 × 22,2 × 49,0 cm/56,1 Liter	46,2 × 20,6 × 41,4 cm/39,3 Liter
Platz für Grafikkarte/CPU-Kühler/Netzteil	42,0/16,0/29,5 cm	39,0/17,0/19,0 cm	33,0/16,0/16,0 cm
Verarbeitung allgemein/Schnittkanten/Verwindungssteifheit	Sehr gut/sehr gut/sehr gut	Gut/sehr gut/gut	Gut/sehr gut/sehr gut
Zusammenbau */Besonderheiten beim Zusammenbau	Gut bis sehr gut/Festplattenkäfig herausnehmbar, SSD-Halterungen auf der Rückseite des MB-Trays demontierbar, Kammer für die Platine, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs	Gut bis sehr gut/Festplattenkäfig herausnehmbar, Hecklüfter verschiebbar, Kammer für die Platine, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs	Gut/Festplattenkäfig herausnehmbar, SSD-Halterungen auf der Oberseite der Netzteilkammer demontierbar, Kammer für die Platine, Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs
Praxisprobleme	Keine	Mittel: Die Lüfter besitzen nur Stromanschlüsse für die RGB-Steuerungsplatine, aber keinen Drei-/Vier-Pin-Stecker (Mainboard-PWM/5- oder 7-Volt-Adapter). Sie können weder gedrosselt noch gesteuert werden.	Leicht: Die drei Frontlüfter besitzen nur Stromanschlüsse für die RGB-Steuerungsplatine, aber keinen Drei-/Vier-Pin-Stecker. Somit ist kein direkter Anschluss an die Platine möglich.
Kompatibilitätstest	XL-ATX passt nicht	Extended und XL-ATX passen nicht	Extended und XL-ATX passen nicht
Leistung (60 %)	**2,54 (Kühlung: 1,95/Lautheit: 3,13)**	**2,58 (Kühlung: 2,04/Lautheit: 3,13)**	**2,77 (Kühlung: 2,03/Lautheit: 3,50)**
Temperatur CPU	66,0 °C	64,0 °C	65,0 °C
Temperatur GPU (Lüfterdrehzahl/Takt)	70,0 °C (2.055 U/min/1848 MHz)	72,0 °C (2.051 U/min/1848 MHz)	70,0 °C (2.048 U/min/1848 MHz)
Temperatur Innenraum Gehäuse/M.2-SSD	29,4 °C/55,0 °C	36,0 °C/56,0 °C	39,4 °C/55,0 °C
Lautheit der Lüfter, 50 cm Abstand frontal/schräg vorne (45-Grad-Winkel)	1,7/1,9 Sone	1,7/1,9 Sone	2,1/2,1 Sone
FAZIT	⊕ Vier Lüfter mitgelief./gute Kühlung GPU ⊖ Zu hohe Lüfterlautheit bei max. Drehzahl	⊕ Ausstatt. (RGB-Lüfter)/gute Kühlleistung ⊖ Lautheit der nicht steuerbaren Lüfter	⊕ Insgesamt gute Kühlleistung (GPU/CPU) ⊖ Lüftergeräusch wegen offener Front
	Wertung: **2,55**	Wertung: **2,63**	Wertung: **2,83**

* System: Intel Core i7-6700K, Intel Z170, Gigabyte Geforce GTX 1070 OC Edition (83 Grad Temp-Target), 2 x 8 GiByte DDR4-2133-RAM, Themalright AXP-100 (Q-Fan-Profil: Standard), Seasonic Focus+ Gold PCGH-Edition 550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C

Bilder: Acer, Samsung

Um HDR ergänzt

Die High Dynamic Range, kurz HDR, und die Synchronisation mittels dynamischer Bildwiederholrate sind zwei unterschiedliche Techniken, die mit Freesync 2 HDR und G-Sync HDR nun vereint sind.

Seit mehreren Jahren beschert die dynamische Bildwiederholrate dem PC-Gamer ein lag- wie rissfreies Bild. 2015 waren die ersten Monitore salonreif und wir haben der Technik bereits zahlreiche Artikel gewidmet. Das Prinzip ist nach wie vor das Gleiche, jedoch haben sich hier und da einige technische Details geändert: Beispielsweise hat AMD mit der sogenannten Low Framerate Compensation (LFC) dafür gesorgt, dass Freesync auch unterhalb der kleinstmöglichen Bildwiederholrate greift, indem die Frequenz einfach verdoppelt oder vervielfacht wird. Doch dazu im Detail später mehr. Schon Anfang 2017 haben beide GPU-Hersteller die Erweiterungen Freesync 2 (AMD) und G-Sync HDR (Nvidia) vorgestellt. Damit wurde das HDR-Signal angedockt, was insofern Sinn ergibt, dass der Monitor kein zusätzliches Tonemapping vornehmen muss, was zusätzliche Signalverzögerung (Input Lag) verursachen würde. Wer schon jetzt mit einem HDR-Display gesegnet ist, könnte mit aktivem HDR einen höheren Lag als ohne spüren – das würde nun wegfallen.

Was ist Free- und G-Sync überhaupt?

Wir spulen zurück und klären erst einmal Funktion und Begrifflichkeiten: Freesync ist AMDs offener Standard, der die Monitor-Bildfrequenz mit der schwankenden Bildrate (Fps) der Grafikkarte synchronisiert. Im Nvidia-Ökosystem nennt sich dasselbe Prinzip G-Sync. Dadurch werden störende Bildrisse (engl. Tearing) eliminiert, die besonders in schnellen Bewegungen und niedrigen Bildraten auftreten. Oftmals wird Tearing auch fälschlicherweise als Ruckeln bezeichnet. Für ein flüssiges Bewegtbild ist aber die ausreichend hohe Bildrate der GPU allein verantwortlich. Es gibt viele Begriffe, die dasselbe Prinzip beschreiben. Während Freesync auf dem offenen Adaptive Sync basiert und nur mit AMD-Grafikkarten funktioniert, benötigen Nvidia-GPUs das proprietäre G-Sync, das außerdem einen Aufpreis beim Monitorkauf kostet. Der Monitor aktualisiert das Bild in der Regel mit fester Frequenz, üblicherweise mindestens mit 60 Hz oder auch 144 Hz bei vielen Gaming-Modellen. Da die Bildrate der Grafikkarte aber schwankt, geschieht beides nicht synchron: Der Monitor ist gerade noch am Bildaufbau, der zeilenweise von oben nach unten geschieht, da schiebt die Grafikkarte schon das nächste fertig berechnete Bild nach. Kommt es zur Seitwärtsbewegung im Spiel, ist an der entsprechenden Stelle daher ein Bildriss sichtbar.

Bildrisse werden softwareseitig auch durch Vsync eliminiert. Dadurch wird die Bildrate einfach der statischen Monitorfrequenz angepasst – bei 60 Hz also auf 60 Fps oder eben einen geraden Teiler davon. Das ist auch der Nachteil der Methode: Kommt die GPU nicht auf die 60 Fps, sinkt die Bildrate auf etwa 30 Fps. Außerdem kommt es hierdurch zur Signalverzögerung, was besonders bei nied-

rigen Frameraten und schnellen Multiplayer-Shootern ein No-Go ist. Freesync, G-Sync oder Adaptive Sync funktionieren technisch genau umgekehrt wie Vsync: Anstatt die Framerate aufs Korsett des Monitors zu beschneiden, variiert die Bildwiederholrate des Bildschirms nun synchron mit der GPU-Bildrate. Somit kann die Grafikkarte voll ausgefahren werden und der pufferbedingte Vsync-Lag ist auch nicht vorhanden. Free- und G-Sync bieten also die Synchronisationstechnik ohne Vsync-Nachteile.

Einen großen Nachteil haben beide Techniken der variablen Bildsynchronisation gemein: Sie sind nicht untereinander kompatibel. Eine Nvidia-Grafikkarte benötigt also einen Monitor mit G-Sync, eine AMD-Grafikkarte einen mit Freesync. Einen Monitor, der beide Techniken unterstützt, gibt es nicht und wird es aller Wahrscheinlichkeit auch nicht geben. Man muss sich also mit dem Monitor einer der beiden GPU-Religionen verschreiben. Ein Monitor überlebt gut und gerne mehrere Grafikkarten-Generationen. Ihn behält man deutlich länger als die schnell schwächelnde GPU.

Auf Knopfdruck variable Bildwiederholrate

Sowohl im Nvidia Control Panel als auch in der Radeon-Software ist es nur ein Klick, der G- bzw. Freesync aktiviert. Das gaukelt dem naiven Gamer vor, dass das Bild in Spielen anschließend vollkommen frei von Bildrissen ist, so wie es mit dem einfachen Vsync-Schalter der Fall ist. Nur leider klappt das in der Praxis selten so einfach. Alle für die dynamische Bildwiederholrate relevanten Funktionen wie etwa Vsync, Fast- bzw. Enhanced Sync oder ein Frame Limit müssen erst in den Menüs gesucht werden.

Vsync zusätzlich anschalten

Wie bitte? Da schafft man sich einen G-Sync- bzw. Freesync-Monitor an, um nicht mehr auf das verzögerungsanfällige Vsync zurückgreifen zu müssen, dann soll man es trotzdem anschalten? VRR und Vsync schließen sich nicht gegenseitig aus, im Gegenteil, sie ergänzen sich: Übersteigt die Bildrate die obere VRR-Grenze, kommt nicht etwa Vsync alternativ zu G- bzw. Freesync zum Einsatz. Vielmehr wird dadurch sichergestellt, dass es etwa bei Spitzen in der Framerate nicht doch zum Tearing kommt. Vsync funktioniert hier also wie ein Frame Limit auf den Wert der Bildwiederholrate. In der Theorie müsste damit alles perfekt funktionieren, wenn also beispielsweise die GPU konstant 144 Frames liefert und die Bildwiederholrate synchron mit 144 Hz läuft. Da jedes System und jedes Spiel anders funktioniert, ist eigenes Ausprobieren für die zugeschnittene Lösung unerlässlich. Als Basiskonfiguration können wir folgende Empfehlungen geben:

- Vsync im Treiber (Nvidia Control Panel, Radeon Adrenalin) AN, im Spiel alles dergleichen AUS
- Im Spiel Vollbildmodus AN (rahmenloses Fenster wird zwar unterstützt, kann aber Probleme verursachen)
- Frame Limit im Spiel begrenzen: auf Bildwiederholrate minus zwei oder drei. Gibt es kein spielinternes Frame Limit, lieber den Riva Tuner Statistics Server (RTSS) verwenden.

Unterschiede Bildsynchronisation

„Vsync off": Keine Synchronisation zwischen Grafikkarte und Monitor

\+ … Keine Eingabeverzögerung (Input Lag), die durch Zwischenspeicherung der Frames bei Vsync bedingt ist.

– … Deutlich sichtbare Bildrisse, die bei niedriger/zweistelliger Bildrate und Bildwiederholfrequenz stören.

Vsync: Bildrate der GPU wird mit Monitorfrequenz synchronisiert

\+ … Keine Bildrisse mehr und Grafikkarte läuft wegen fester Bildrate sparsamer und leiser.

– … Bildpufferung erzeugt ein Input Lag. Bei Double Buffering halbiert sich die Bildrate, wenn sie die Monitorfrequenz nicht erreicht.

Frame Limit: Bildrate der GPU wird auf Monitorfrequenz begrenzt

\+ … Wie bei Vsync läuft die Grafikkarte sparsamer und leiser. Die Bilder werden aber lagfrei ausgegeben.

– … Tearing wird dadurch nicht verhindert, da hier wie bei „Vsync off" Grafikkarte und Monitor asynchron laufen.

G-Sync/Freesync: Monitorfrequenz wird mit Bildrate synchronisiert

\+ … Alle Vorteile beider Welten: Kein Bildriss und kein Input Lag. Zudem muss die Bildrate nicht beschränkt werden.

– … Monitor und GPU müssen kompatibel sein bzw. neu angeschafft werden. Die variable Frequenz funktioniert nur in einem bestimmten Fps-Intervall.

Fastsync/Enhanced Sync: Nicht benötigte Frames werden verworfen

\+ … Liefert ein fast rissfreies Bild und fast keinen Input Lag und funktioniert im Gegensatz zu Free- und G-Sync mit jedem Monitor.

– … Ein Kompromiss zwischen VSync aus und an, der sich nur lohnt, wenn die Fps das Vielfache der Hz betragen, da sonst Mikroruckler auftreten.

G-Sync HDR: Aktuell beste (und teuerste) Lösung auf dem Markt

\+ … Nvidia verkauft nicht nur das G-Sync-Modul, sondern zertifiziert nun auch die Panels, welche aktuell die besten auf dem Markt sind.

– … Mit Preisen um die 2.500 Euro sind derartige Monitore ziemlich teuer. Außerdem benötigt das Modul einen eigenen Lüfter.

Freesync 2 HDR: Offener Standard, aber nur mit schwachem HDR

\+ … Kein Tearing und kein HDR-bedingter Input Lag. Außerdem ist die Technik quasi umsonst, macht die Monitore also nicht teurer.

– … DisplayHDR 600 ist hier aktuell das höchste der Gefühle. DisplayHDR 400 bietet kaum Mehrwert, sodass Freesync (1) oft reicht.

HDR-Standards im Vergleich	UHD Premium	Nvidia G-Sync-HDR	AMD Freesync 2 HDR	DisplayHDR 400	DisplayHDR 600	DisplayHDR 1000
HDR10	Ja	Ja	Optional	Ja	Ja	Ja
Auflösung	UHD	QHD/UHD	FHD/QHD/UHD	FHD/QHD/UHD	FHD/QHD/UHD	FHD/QHD/UHD
Farbtiefe	8+2 Bit	8+2 Bit	8 Bit	8 Bit	8+2 Bit	8+2 Bit
Farbraumabdeckung	DCI-P3 90 %	DCI-P3 90 %	-	BT.709 95 %	BT.709 95 %, DCI-P3 90 %	BT.709 95 %, DCI-P3 90 %
HDR-Spitzenhelligkeit	1000 cd/m²	1000 cd/m²	400 cd/m²	400 cd/m²	600 cd/m²	1000 cd/m²
SDR-Helligkeit	600 cd/m²	600 cd/m²	-	320 cd/m²	350 cd/m²	600 cd/m²
Schwarzwert	0,05 cd/m²	0,05 cd/m²	0,25 cd/m²	0,4 cd/m²	0,1 cd/m²	0,05 cd/m²
Gaming Features	-	G-Sync	Freesync, LFC	-	-	-

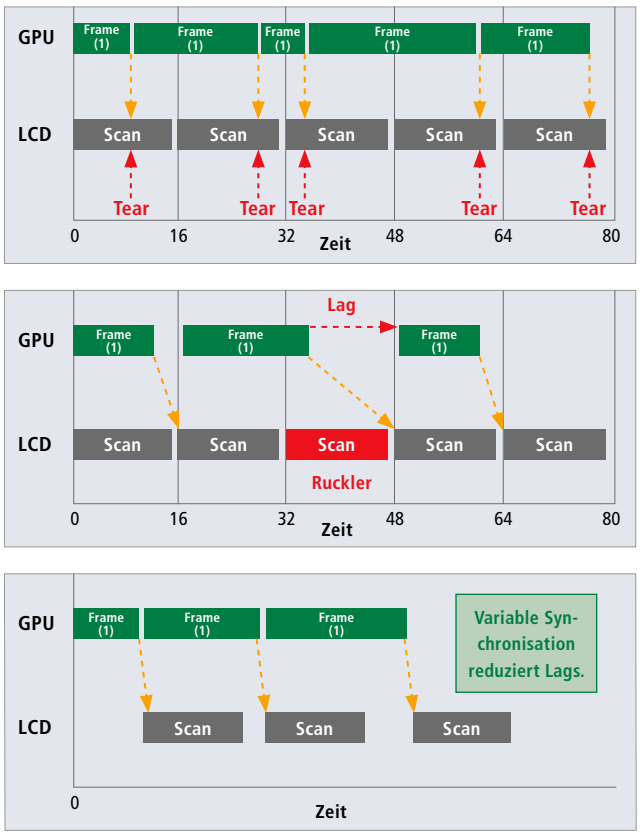
Freesync im Detail

Ohne Bildsynchronisation ist der Spielgenuss von unschönen, flackernden Bildrissen getrübt. G-Sync und Freesync lösen das ohne nennenswerten Input Lag.

Vorteil variabler Synchronisation

Die herkömmliche Synchronisation zwischen Grafikkarte und LCD kann zu Bildrissen (Tearing) und Ruckeln (Lag) führen.

Das obere Bild zeigt, wie Tearing (Zerreißen des Bildes) mit abgeschaltetem Vsync entsteht. Jedes Mal, wenn das Bild ans LCD übertragen wird, bevor der Refresh-Vorgang abgeschlossen ist, zerreißt das Bild. Darunter sehen Sie, wie durch ein Timing-Problem mit V-Sync Bilder zu spät ausgegeben werden können. Im unteren Bild ist anschaulich dargestellt, wie diese beiden Probleme durch eine variable Synchronisation gelöst werden können.



Es gibt deutlich mehr Freesync-Modelle auf dem Markt als solche mit G-Sync. Das liegt einfach daran, dass Freesync auf dem offenen VESA-Standard Adaptive Sync basiert und an sich kostenlos ist – ganz im Gegenteil zum G-Sync-Modul. Ist ein aktueller Monitor nicht damit ausgestattet, hat er mit großer Wahrscheinlichkeit Freesync. Wer so ein Gerät dennoch mit (Intel- oder) Nvidia-Grafik betreibt, hat dadurch keinen Nachteil, außer dass eben Freesync nicht funktioniert.

Dreistellige Frequenz empfehlenswert

Ohnehin lohnt sich eine hohe Bildwiederholrate immer für einen Gaming-Monitor. Und ja, auch dann, wenn die Grafikkarte nur Bildraten liefert, die weit unter der Monitorfrequenz liegen. Denn selbst wenn Sie keinen Wert auf Freesync legen, sind ohne Syncronisierung die Bildrisse wegen häufigeren, schnelleren Scans kürzer sichtbar. Planen Sie aber, Freesync zu nutzen, so lohnen sich die 144 Hz aus mehreren Gründen. Bei günstigen Monitoren, die etwa nur mit maximal 60 oder 75 Hz aktualisieren, ist die Freesync-Range meist zu schmal, da die Untergrenze bei fast allen Modellen bei 48 Hz liegt. Unterhalb davon muss man sich mit Alternativen, also Vsync oder gar keiner Synchronisierung, zufrieden geben.

Um sporadische Einbrüche der Bildrate (bzw. sogenannte Frametime-Spikes) also mit Freesync abzufedern, benötigen Sie die sogenannte Low Framerate Compensation (LFC). Dazu muss die obere Freesync-Grenze mindestens das Doppelte der unteren betragen, was bei fast immer vorhandenen 48 Hz also 96 Hz sind. Das ist nötig, um die Frequenz schon ab 47 Fps verdoppeln zu können. Das macht den weit verbreiteten Mythos, man bräuche nur so viele Hz wie man Fps schafft, umso paradoxer: Spielen Sie eher mit niedrigen Frameraten, brauchen Sie also gerade erst recht eine hohe Frequenz, um von Freesync mit LFC profitieren zu können. Denn je niedriger die Fps sind, umso deutlicher, größer sind die Bildrisse (Tearing).

Freesync 2 HDR: Besser und schöner?

2017 auf der CES vorgestellt, war der Samsung C32HG70 lange Zeit der einzige Monitor, der Freesync 2 bot. Die Technik hat AMD mittlerweile in Freesync 2 HDR umbenannt und hat im selben Zuge auch einige Details des Zertifikats verlauten lassen. LFC ist nun zwingend erforderlich, sodass theoretisch also mindestens 96 Hz erforderlich sind. Der HDR-Teil soll qualitativ mindestens zwischen DisplayHDR 400 und DisplayHDR 600 liegen. Genauer wurde AMD hier nicht. Die niedrigste Stufe mit einer Spitzenhelligkeit von 400 cd/m² soll zwar offiziell nicht ausreichen, in der Praxis gibt es aber bereits Modelle, die nicht mehr bieten. Daran wollen wir uns nicht verbeißen, der sichtbare Unterschied zwischen 400er und 600er HDR ist gering und zu DisplayHDR 1000 ist es noch ein deutlicher Qualitätssprung.

Um die Verwirrung perfekt zu machen: Es gibt neben Freesync 2 HDR auch Monitore, die beides unabhängig voneinander anbieten, also Freesync (1) und HDR. Ein neuer 43-Zöller von Phillips (436M6VBPAB) beispielsweise bietet DisplayHDR 1000 und Freesync zwischen 48 und 60 Hz. Er möchte sich als günstige TV-Alternative für Konsolenzocker präsentieren, die nun mit aktuellen Konsolen auch in den Genuss von Freesync kommen. Auf der TV-Seite gibt es da das aktuelle Samsung-Flaggschiff Q9FN. Der Fernseher bietet in UHD die ebenfalls recht knappe Freesync-Reichweite zwischen 48 und 60 Hz, kann aber in niedrigeren Auflösungen, also Full HD oder WQHD, 120 Hz mit LFC liefern. Wie Samsungs Monitor-Reihe HG70 bietet der Q9FN-Fernseher ein in mehreren Zonen lokal dimmbares Hintergrundlicht (Full Array Local Dimming, FALD). Wie andere Merkmale wie etwa Spitzenhelligkeit oder Farbtiefe macht das die HDR-Qualität mit aus, ist aber nicht Teil der Freesync-2-HDR-Spezifikation. Neben den HDR-Standards sollte also im Datenblatt auch noch darauf geachtet werden.

Monitore mit Freesync 2 HDR

Samsungs HG70-Monitore sind nun schon über ein Jahr auf dem Markt und die Konkurrenz scheint erst jetzt so langsam bei Freesync 2 HDR mitspielen zu wollen. Eins vorneweg: Noch immer haben die Samsungs die beste HDR-Darstellung unter den Freesync-Monitoren. Kein anderes Modell bietet Freesync 2 HDR mit DisplayHDR 600 und acht Zonen an dimmbarem Hintergrundlicht. Die Konkurrenz wartet hier nur mit DisplayHDR 400 ohne lokales Dimmen auf. Die Unterschiede klingen gravierender als sie sind, denn G-Sync-HDR bietet mit UHD, 144 Hz, 1.000er HDR und 384 Dimming-Zonen gewaltig mehr. Qualitativ – aber auch preislich – liegen hier Welten. Im Gegensatz zum Nvidia-Nonplusultra macht Freesync 2 HDR die Monitore nicht teurer.

Zwischen den beiden Top-Modellen mit Freesync 2 HDR gibt es weitere Unterschiede, die kaufentscheidend sein können. Beide Monitore haben zwar kontraststarke VA-Panels, die Samsungs sind aber stets gekrümmt, während LG immer herkömmliche flache Panels verbaut. Was von beiden besser ist, entscheidet stets der individuelle Geschmack. Samsung dimmt außerdem das Hintergrundlicht mit Flimmern in Pulsweitenmodulation (PWM). Es wird also ganz schnell (340 Hz) an- und ausgeschaltet, was sich technisch günstiger realisieren lässt, aber die Augen schneller ermüden lassen kann(!). Die meisten Hersteller, so auch LG, setzen auf ein flimmerfreies Dimmen per Gleichstrom. Das ist zugegebenermaßen ein relativ unwesentliches Detail, das aber für manche wichtig ist und nicht im Datenblatt steht. Abgesehen vom minimalen Unterschied in der HDR-Qualität verfügen beide generell über eine gute Bildqualität: Mit nativer 8-Bit-Farbtiefe und Framerate Control, einer Dithering-Technik, bieten beide Monitore über die Quasi-10-Bit-Farbtiefe mehr als eine Milliarde Farben. Was das Bewegtbild angeht, so erzeugt der Samsung-Monitor etwas weniger Schlieren. Das LG-Panel weist die VA-typische Schwäche in dunklen Farben auf: In den Reaktionszeit messen wir einen Ausreißer über 30 ms. Im Schnitt passen aber die Schaltzeiten beider Monitore, es handelt sich also nur um Nuancen. Alternativ zu Freesync bieten beide Monitore auch eine Low-Motion-Blur-Technik. Dem LG 32GK850F kommt der AOC AG322QC4 in der Ausstattung am nächsten, der in unserem Test fast genauso gut abschnitt, lediglich herkömmliche 8 Bit bietet, dafür aber auch etwas günstiger ist. Weitere Hersteller haben bereits Modelle mit Freesync 2 HDR angekündigt, mit DisplayHDR 1000 ist aber bislang noch keines in Sicht.

FREESYNC-MONITORE

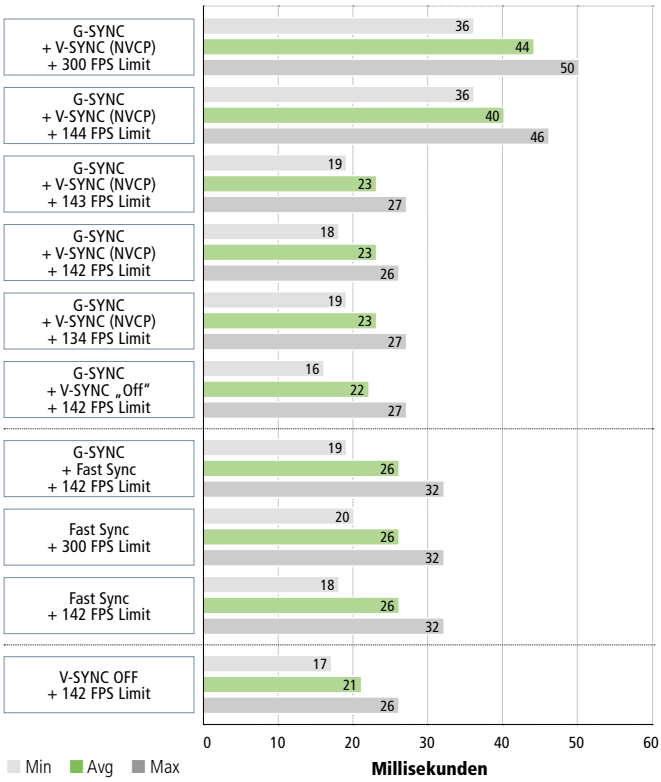
Auszug aus Testtabelle mit 30 Wertungskriterien

	31,5 Zoll	31,5 Zoll
Produktname	**C32HG70**	**32GK850F**
Hersteller	Samsung	LG
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 530,-/Befriedigend	Ca. € 580,-/Befriedigend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1620985	www.pcgh.de/preis/1796089
Ausstattung (20 %)	**1,53**	**1,68**
Anschlüsse	2× HDMI 2.0, 1× Displayport 1.2, 2x USB 3.0	2× HDMI 2.0, 1× DisplayPort 1.2, 2× USB 3.0
Max. Auflösung/Pixeldichte	2.560 × 1.440/93,2 ppi	2.560 × 1.440/93,2 ppi
Panel-Typ/Diagonale	VA & Quantum Dots/77,2 cm	VA/80 cm
Netzteil/Vesa-Halterung	Intern/100 x 100 (via Adapter)	Extern/100 x 100 (belegt)
Gewicht/Maße (inkl. Standfuß)	9,6 kg/116 cm × 72 cm × 42 cm	8,3 kg/71 cm × 61 cm × 27 cm
Pivot 90 Grad/neigbar/höhenverst.	Ja/-5°,15°/15 cm	Ja/+20°/-5°/11 cm
Garantie	2 Jahre	2 Jahre
Sonstiges/Zubehör	8 Dimming-Zonen, Display HDR 600 (Freesync 2 HDR)	DisplayHDR 400, Low-Motion-Blur-Technik
Eigenschaften (20 %)	**2,21**	**2,06**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160 Grad	170/160 Grad
Bildwiederholrate/VRR	48-144 Hz/Freesync	40 (LFC)-144 Hz/Freesync 2 HDR
Farbtiefe/Farben	8 Bit+FRC/1,07 Mrd. Farben	8 Bit+FRC/1,07 Mrd. Farben
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	2251:1/0,2 cd/m²	2207:1/0,2 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	79,8 Watt/0,5 Watt	46,1 Watt/0,2 Watt
Leistung (60 %)	**1,3**	**1,465**
Input Lag (Full HD, 60 Hz)	10,8 ms	14,6 ms
Farbabweichungen (ø Delta E 2000)	3	1,2
ø Reaktionszeit (Min.-Max.)	4,8 ms (1,3-10,4 ms)	6,9 ms (3,5-30,3 ms)
Max. Helligkeit, Abweichungen	400,8 cd/m², Bis 4 %	397,3 cd/m², Bis 11 %
Schlieren-/Korona-Bildung	Sichtbar/wenig	Wenig/wenig
FAZIT	⊕ Hervorragende Bildqualität ⊖ PWM-Dimming mit 340 Hz	⊕ Guter Kontrast und Farbtreue ⊖ Schlieren in dunklen Farben
	Wertung: **1,53**	Wertung: **1,62**

Weitere Monitore mit Freesync 2 HDR (alle 144 Hz)

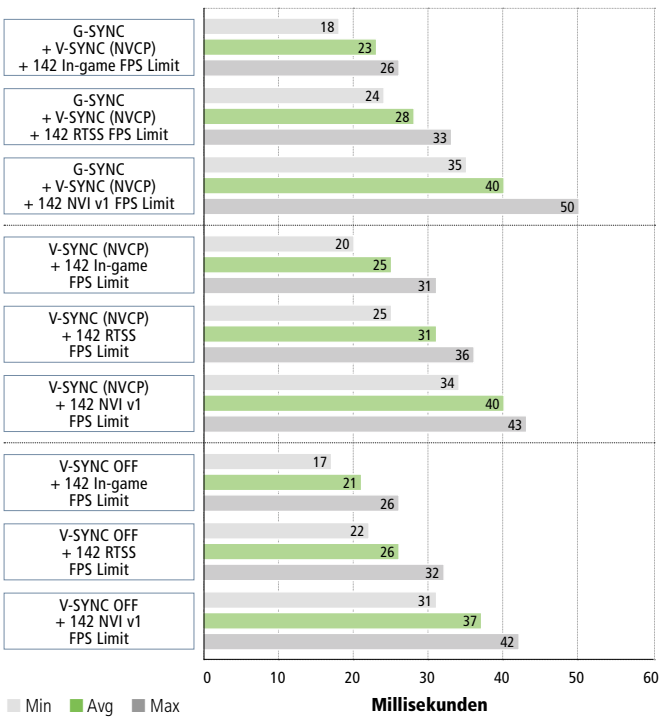
	Diagonale	Auflösung	Panel	HDR	Preis
AOC Agon AG322QC4	31.5 Zoll/80 cm	2560 × 1440, 16:9, 93 dpi	VA (MVA)	DisplayHDR 400	Ca. € 490,-
Samsung C27HG70	27 Zoll/68.6 cm	2560 × 1440, 16:9, 109 dpi	VA (SVA), Quantum-Dot	DisplayHDR 600	Ca. € 530,-
Benq EX3203R	31.5 Zoll/80 cm	2560 × 1440, 16:9, 93 dpi	VA	DisplayHDR 400	Ca. € 550,-
Samsung C49HG90	49 Zoll/124.5 cm	3840 × 1080, 32:9, 81 dpi	VA (SVA), Quantum-Dot	DisplayHDR 600	Ca. € 910,-
LG UltraGear 34GK950F-B	34 Zoll/86.4 cm	3440 × 1440, 21:9, 110 dpi	AH-Nano-IPS	DisplayHDR 400	Ca. € 1.115,-

Auswirkungen auf den Input Lag



System: Overwatch mit Ingame Fps Limiter, Monitor: Acer XB252Q @ max. 144 Hz, NVCP = Nvidia Control Panel, Quelle, System und Messmethode: blurbusters.com/gsync101 **Bemerkungen:** Über der G-Sync-Obergrenze sorgt Vsync für ein Input Lag. Es empfiehlt sich daher ein Framelimit 2 Fps unterhalb der Grenze.

Zusätzlicher Lag mit externem Frame Limiter



System: Overwatch, Monitor: Acer XB252Q @ max. 144 Hz, NVCP = Nvidia Control Panel, RTSS: Riva Tuner Statistics Server, NVI: Nvidia Inspector, Quelle und Messmethode: blurbusters.com/gsync101 **Bemerkungen:** Unabhängig von der Synchronisation fügt das Fps-Limit des Nvidia Inspectors gut zwei Frames Lag hinzu.

G-Sync im Detail

G-Sync ist wie Freesync zwar auch nur eine Code-Ansammlung aus Algorithmen, jedoch verkauft Nvidia die Technik in einem eigenen Hardware-Modul. Im Gegensatz zu Freesync, das die Monitor-Hersteller selbst (und kostenlos) in ihre Steuerungselektronik integrieren, kostet das Modul einen Aufpreis, der an den Endkunden entsprechend weitergegeben wird. Je nach Modell und Preisklasse beläuft sich der auf circa 150 Euro. Ob dieser es wert ist, füllt seitenweise Threads in unserem Forum, ist also eine der PC-Glaubensfragen. Wir meinen stets, dass es sich für ein Nvidia-System der Oberklasse (in etwa ab GTX 1070) durchaus für einen guten Monitor lohnt. G-Sync ist wegen des Hardware-Moduls nicht grundsätzlich besser, genauso wenig wie ein Starbucks-Kaffee besser ist, weil der Becher dazu verkauft wird.

Technisch ausgefeilter

Nach nun vielen Jahren Praxiserfahrung mit der dynamischen Bildwiederholrate beider GPU-Hersteller müssen wir zugeben, dass G-Sync zuverlässiger und stressfreier funktioniert, was sicherlich daran liegt, dass beide Enden von Nvidia direkt stammen. Eine Low Framerate Compensation (LFC) gibt es im Nvidia-Jargon nicht, weil die derartige Funktion schon von Beginn an implementiert ist. Die untere Grenze ist hier 30 Hz – ein großer Vorteil für UHD-Monitore mit nur 60 Hz, denn hier funktioniert die Synchronisation faktisch auf voller Linie zwischen einem und 60 Fps. Anfangs hat G-Sync zusätzlich Vsync erzwungen, was insofern praktisch war, dass die Fps auf die obere Grenze limitiert sind. Aktuell ist das nicht mehr der Fall, man muss den Vsync-Hebel selbst umlegen oder bedient sich an Alternativen wie einem Frame Limit oder Fastsync.

Deswegen ist G-Sync keine Plug-and-Play-Lösung mehr. Wie auf den beiden einleitenden Seiten beschrieben, empfiehlt es sich, mit den besagten Stellschrauben Frame Limit, V- und Fastsync etwas zu experimentieren. Die geschätzten Kollegen der Website blurbusters.com haben den Input Lag in verschiedenen Einstellungen überprüft und festgestellt, dass G-Sync selbst mit aktivem Vsync keine höhere Signalverzögerung aufweist. Das beweisen die Daten in der linken Spalte. Das Frame Limit auf zwei oder drei Fps unter der oberen G-Sync-Grenze ist deswegen wichtig, da der pufferbedingte Vsync-Lag auftritt, wenn sie erreicht wird. Zudem ist die Wahl des Frame Limiters entscheidend: idealerweise im Spiel, sofern verfügbar, ansonsten per RTSS. Der Nividia Inspector hingegen fügt einen Frame Lag hinzu, da er am Treiber ansetzt.

G-Sync HDR: Das aktuelle Nonplusultra

Während Nvidia bei G-Sync „nur" den Monitor-Scaler vorgeschrieben hat, sind bei G-Sync HDR nun auch die Panels zertifiziert, die der Panel-Hersteller AU Optronics eigens für Nvidias hohe Ansprüche entworfen hat. Es handelt sich um die ersten 4K/UHD-Panel mit 144 Hz. Sie bieten außerdem eine Farbtiefe von 10 Bit (8 Bit & FRC) und DisplayHDR 1000 mit 384 Zonen invididuell dimmbarer Hintergrundbeleuchtung, alles in allem also die beste Bildqualität, die ein Monitor aktuell bieten kann. Diese eierlegende Wollmilchsau eines Displays kommt aber auch nicht ganz ohne Kompromisse aus: Bedingt durch die Dimming-Zonen haben helle Elemente auf dunklem Hintergrund einen leicht leuchtenden Rand, was als der Halo-Effekt beschrieben wird. Dieser ist bei einem LCD-Panel auch mit noch so vielen Dimming-Zonen nicht wegzubekommen; dafür müssten die Pixel schon selbst leuchten, wie etwa bei einem OLED-Panel. Diese gibt es aber nach wie vor nur bei Fernsehern und noch immer nicht bei Monitoren. Außerdem bietet Displayport 1.4 nicht genug Bandbreite für die UHD-Auflösung bei 144 Hz, daher wird das Signal per Chroma Subsampling (4:2:2) beschnitten. Das ist zwar nicht in Spielen, aber auf dem Windows-Desktop sichtbar. Entscheidender Pferdefuß ist aber der hohe Preis: minimum 2.500 Euro aktuell.

Monitore mit G-Sync HDR

Anfang 2017 angekündigt, sehen wir erst Mitte 2018 die ersten beiden Monitore mit G-Sync HDR auf dem Markt. Zwischenzeitlich sind weitere Modelle angekündigt: Mit breitem 21:9-Panel oder in 65 Zoll Größe handelt es sich auch hier um sündhaft teure Exoten – genaue Preise oder gar Erscheinungstermine sind noch nicht bekannt. Die beiden 27-Zöller von Acer und Asus bleiben daher sicherlich einige Zeit lang das Nonplusultra unter den Gaming-Monitoren.

Gleiches Panel, aber doch verschieden

Die beiden ersten und bislang einzigen Monitore mit G-Sync HDR verfügen nicht nur über das gleiche Panel, sondern auch über die gleiche Elektronik. Nun könnte man meinen, dass sich beide Modelle nur im Design unterscheiden, es sind aber kleine Details, die den Acer einen Hauch besser machen: Beide Modelle sind ab Werk farbkalibriert, was auch der beigelegte Kalibrierungsbericht beweist. Acer aber schafft es, dem Panel etwas mehr Farbtreue abzuringen. Wir waren beeindruckt über das gemessene Niveau – das beste, das uns bislang untergekommen ist. Fairerweise muss hier erwähnt werden, dass der Unterschied zum Asus zwar messbar, jedoch für jeden, der kein professioneller Grafiker ist, eigentlich irrelevant ist. Außerdem fällt die Farbtreue bei jedem Exemplar leicht anders aus. Da Asus sein Modell einige Monate vorher herausrückte und das Sample auch nicht frei von Fehlern war, liegt es nahe, dass die hier gemessene Qualität auch mit einem PG27UQ erreicht werden könnte. Gleiches gilt für die Reaktionszeit: Die ist beim Acer mit ca. 5 ms im Schnitt nur halb so lang wie beim Asus. Wirklich sichtbar weniger Schlieren bedeutet das bei gleicher Bildwiederholrate aber nicht unbedingt. Für UHD und 144 Hz reicht leider die Bandbreite von Displayport 1.4 nicht aus, daher muss das Signal per Farbunterabtastung (engl.: chroma subsampling, 4:2:2) beschnitten werden. Das ist auf dem Windows-Desktop an der unscharfen Schrift sichtbar, in 3D-Anwendungen bzw. Spielen konnten wir das nicht feststellen. Volle RGB-Farben mit 8 Bit sind daher nur mit (nativen) 120 Hz möglich. Für 10 Bit muss man sogar auf 98 Hz runterschrauben. Ein Ärgernis der beiden Modelle ist nach wie vor der Lüfter, der auch hörbar ist, wenn es im Raum absolut still ist. Wir messen beim X27 dasselbe Niveau wie beim Asus-Pendant: in 50 cm Entfernung sind es 0,4 Sone vor dem Panel und etwa 1 Sone hinter dem Monitor. *(mc)*

G-SYNC-MONITORE Auszug aus Testtabelle mit 30 Wertungskriterien	27 Zoll	27 Zoll
Produktname	**Predator X27**	**PG27UQ (Test in 08/2018)**
Hersteller	Acer	Asus
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 2.480,-/Mangelhaft	Ca. € 2.470,-/Mangelhaft
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1615513	www.pcgh.de/preis/1571346
Ausstattung (20 %)	**1,83**	**1,635**
Anschlüsse	1x HDMI 2.0, 1x DisplayPort 1.4, 2× USB 3.0	1× HDMI 2.0, 1× DisplayPort 1.4, 2× USB-A 3.0
Max. Auflösung/Pixeldichte	3.840 × 2.160/163,2 ppi	3.840 × 2.160/163,2 ppi
Panel-Typ/Diagonale	IPS/68,6 cm	IPS/68,6 cm
Netzteil/Vesa-Halterung	Extern/100 × 100 (belegt)	Extern/100 x 100 (belegt)
Gewicht/Maße (inkl. Standfuß)	12,3 kg/63 cm × 45 cm × 39 cm	9,2 kg/64 cm × 38 cm × 94 cm
Pivot 90 Grad/neigbar/höhenverst.	Nein/+25°/-5° /12 cm	Ja/+20°/-5°/12 cm
Garantie	3 Jahre	3 Jahre
Sonstiges/Zubehör	DisplayHDR 1000, Local Dimming (384 Zonen), Lichtsensor, Lautsprecher (2× 7W), 1× Line-Out	DisplayHDR 1000, Local Dimming (384 Zonen), Lichtsensor, Lautsprecher (2× 7W), 1× Line-Out
Eigenschaften (20 %)	**2,08**	**2,15**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160 Grad	170/160 Grad
Bildwiederholrate/VRR	1-144 Hz/G-Sync HDR	1-144 Hz/G-Sync HDR
Farbtiefe/Farben	8 Bit+FRC/1,07 Mrd. Farben	8 Bit+FRC/1,07 Mrd. Farben
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	3472:1/0,3 cd/m²	8018:1/0,1 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	198 Watt/0,4 Watt	180 Watt/27,5 Watt
Leistung (60 %)	**1,08**	**1,425**
Input Lag (Full HD, 60 Hz)	22,1 ms	23,4 ms
Farbabweichungen (ø Delta E 2000)	0,7	2,3
ø Reaktionszeit (Min.-Max.)	5,4 ms (4,6-6,4 ms)	10 ms (4,1-15,9 ms)
Max. Helligkeit, Abweichungen	1125 cd/m², Bis 5 %	1098,5 cd/m², Bis 5 %
Schlieren-/Korona-Bildung	Wenig/wenig	Wenig/wenig
FAZIT	⊕ Hervorragende Bildqualität ⊖ Lüfter, Farbunterabtastung	⊕ Hervorragende Bildqualität ⊖ Lüfter, Farbunterabtastung
	Wertung: **1,43**	Wertung: **1,61**

Weitere Monitore mit G-Sync HDR (alle 144 Hz)

	Diagonale	Auflösung	Panel	HDR	Preis
Asus ROG Swift PG65	65 Zoll 165,1 cm	3840 × 2160, 16:9, 67 dpi	VA, Quantum Dot	DisplayHDR 1000	Noch nicht bekannt
Acer Predator BFGD	65 Zoll 165,1 cm	3840 × 2160, 16:9, 67 dpi	VA, Quantum Dot	DisplayHDR 1000	Noch nicht bekannt
HP Omen X 65	65 Zoll 165,1 cm	3840 × 2160, 16:9, 67 dpi	VA, Quantum Dot	DisplayHDR 1000	Noch nicht bekannt
ASUS ROG Swift PG35VQ	35 Zoll, 88,9 cm	3440 × 1440, 21:9, 110 dpi	VA, Quantum Dot	DisplayHDR 1000	Noch nicht bekannt
Acer Predator X35	35 Zoll, 88,9 cm	3440 × 1440, 21:9, 110 dpi	VA, Quantum Dot	DisplayHDR 1000	Noch nicht bekannt

Der Blick ins Innere

Heute wollen wir das Netzteil etwas entmystifizieren und die Innereien solch eines Spannungswandlers genauer unter die Lupe nehmen. Was passiert eigentlich beim Wandeln des Stroms in 12 Volt?

Aus europäischen Steckdosen kommen normalerweise 230 Volt Wechselspannung, für Ihren Computer sind aber 3,3 bis 12 Volt Gleichspannung (DC) notwendig, um einen einwandfreien Betrieb zu garantieren. Damit aber aus der angebotenen Netzspannung ein für Rechner nutzbarer Strom werden kann, müssen Spannungswandler die Spannung aus der Steckdose gleichrichten, entstören und strikt reguliert wieder ausgeben. Dabei passieren die Elektronen auf der Primär- und Sekundärseite im Netzteil mehrere Stationen, die wir auf den folgenden Seiten genauer beleuchten möchten.

Das Schaltnetzteildesign

Die heutige Stromversorgung in Rechnern übernehmen Schaltnetzteile, sodass die Energieübertragung üblicherweise mit Frequenzen von 15 kHz bis 300 kHz vonstattengeht. Natürlich gibt es noch weitere Netzteiltypen wie etwa ein Kondensator- oder ein Trafonetzteil, die ein anderes Design verwenden, diese sind aber nicht in der Lage, die Anforderungen der PC-Hardware adäquat zu erfüllen.

Beim Schaltnetzteil wird der Strom aus der Dose im Spannungswandler durch Transistoren in kleine Pakete zerlegt. Transistoren sind beispielsweise MOSFETs (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) und fungieren als An/Aus-Schalter. Entsprechend der verwendeten Frequenz werden die Strompakete dank anderer Komponenten wie Kondensatoren oder Spulen weitergegeben. Bevor aber irgendwelche Computer-Hardware die Strompakete bekommen kann, werden diese wieder zu einem kontinuierlichen Strom zusammengefügt und können dann problemlos verbraucht werden.

Das hat gegenüber linear-regulierten Netzteilen einige Vorteile, beispielsweise das Gewicht. Dieses kann nämlich bei hohen Frequenzen reduziert werden, indem sowohl beim Ferrit- oder Eisenkern als auch bei den Kupferwicklungen des Transformators die Masse verringert wird. Ein Umspanner, der für eine Leistung von 4.000 Watt geeignet sein soll, wiegt bei einer Frequenz von 50 Hz – was übrigens der europäischen Netzspannung entspricht – ganze vier (!) Kilogramm. Erhöht man dagegen die Schaltfrequenz auf 125 kHz, sind es nur noch knapp 470 Gramm, was einer Gewichtseinsparung von 88,25 Prozent entspricht.

Ein anderer wichtiger Aspekt von Schaltnetzteilen ist der erhöhte Wirkungsgrad. Bei linearregulierten Spannungswandlern ist die Effizienz maßgeblich vom Unterschied zwischen Input- und Output-Stromspannung abhängig. Hier wird die ausgegebene Spannung über die Verlustleistung in Form von Wärme reguliert, sodass Wirkungsgrade von 30 bis 40 Prozent normal sind. Bei Schaltnetzteilen beträgt die Effizienz dagegen schon 60 bis 70 Prozent, weil Schaltverluste an den Transistoren entstehen. Dies kann aber durch eine Schaltoptimierung verhindert werden beziehungsweise Netzteile mit einem guten Design, einer angepassten Frequenz und dem

Zero-Current- (ZCS) respektive dem Zero-Voltage-Switching (ZVS) können Wirkungsgrade von bis zu 95 Prozent erreichen.

Die beiden genannten Schaltmethoden werden über einen LCC-Resonanzwandler realisiert, sodass die Schaltverluste an den Transistoren und die Verlustleistung minimiert werden können. Ist so ein Transistor geöffnet, fließt nämlich ein hoher Strom, aber keine Spannung. Im geschlossenen Zustand liegt stattdessen eine hohe Spannung an, aber es fließt kein Strom. Da der Schaltvorgang etwas Zeit benötigt, entsteht eine Verzögerung, in der sowohl Spannung als auch Strom anliegen. Durch Designoptimierungen und das genaue Schalten des LLC-Resonanzwandlers, wenn der Strom sich am Nulldurchgang befindet, werden die Schaltverluste ebenso Null. Dadurch erhöht sich die Leistungsdichte und damit auch der Wirkungsgrad des Netzteils. Erreicht werden kann dies mit einem sinusförmigen Signal. Schaltnetzteile sind in der Regel aus mehreren Bereichen aufgebaut, die unterschiedliche Aufgaben bei der Stromumwandlung und der Stromqualität erledigen. Insgesamt kann man deshalb den Grundaufbau in mehrere Stationen zerlegen (siehe Blockdiagramm rechte Seite), die wie folgt behandelt werden.

Grundaufbau eines Netzteils

Bevor aus der 230 Volt starken Wechselspannung 12 Volt Gleichspannung werden können, müssen Elektronen mehrere Stationen durchlaufen. Bei heutigen Netzteilen können schon mal mehr als diese sieben Bereiche vorliegen, da hier neueste Topologien verbaut werden. Dieses Blockdiagramm veranschaulicht nur die Grundstruktur der Stromaufbereitung.

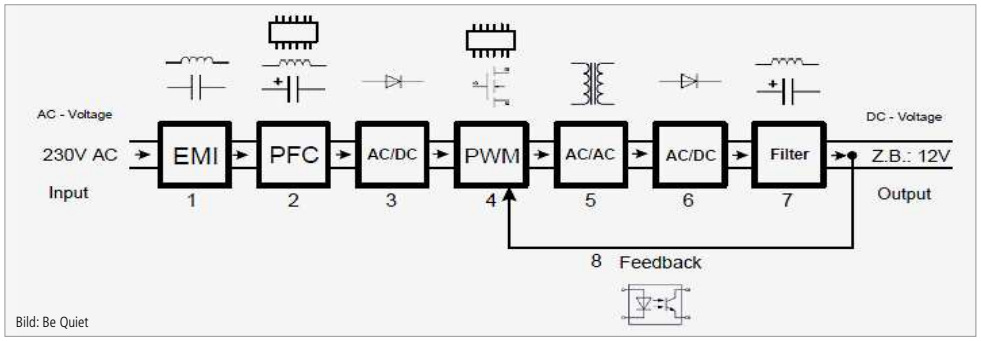


Bild: Be Quiet

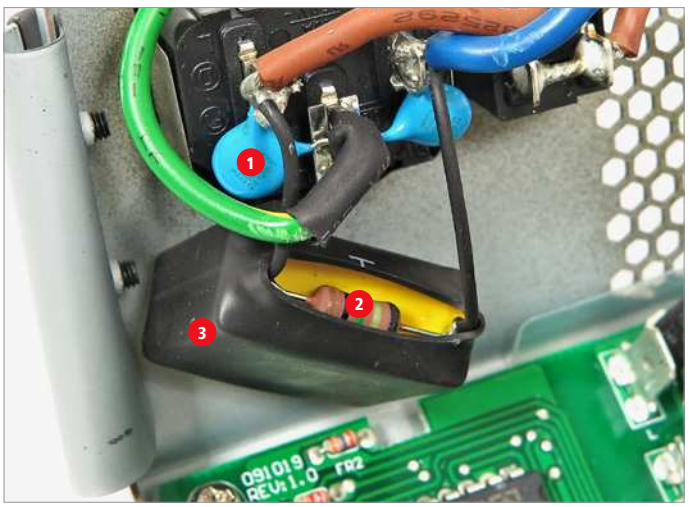
Eingangsfilterung – EMI

Schaltnetzteile haben nicht nur Vorteile wie eine bessere Effizienz, sondern erzeugen durch die Schaltvorgänge der MOSFETs ungewollte elektromagnetische Interferenzen (EMI, auch als Funkstörungen bekannt), die andere elektronische Geräte im Netz beeinflussen können. Jeder kennt sicherlich die elektromagnetischen Interferenzen, die entstehen, wenn ein Handy in die Nähe eines Lautsprechers kommt. Auf der anderen Seite muss das Netzteil – und damit der Computer – vor Störungen aus dem Stromnetz geschützt werden. Mittels der EMI-Filterstufe direkt nach dem Kaltgerätesteckereingang wird diese wichtige Station erreicht. Die Filterung erfolgt immer vor der Gleichrichtung des Wechselstroms, da an dieser Position Störungen der Netzteil-Dioden (für die Spannungsstabilität zuständig) entstehen und so mit herausgefiltert werden müssen. Um die Störungen zu unterdrücken, werden unter anderem X- und Y-Kondensatoren (Entstörkondensatoren) eingesetzt. Diese Baugruppen leiten hochfrequente Störsignale, die durch den Betrieb von Elektrogeräten entstehen, gegen die Masse (X-Kondensator) oder den Neutralleiter (Y-Kondensator), sodass die ungewollten Störungen reduziert werden.

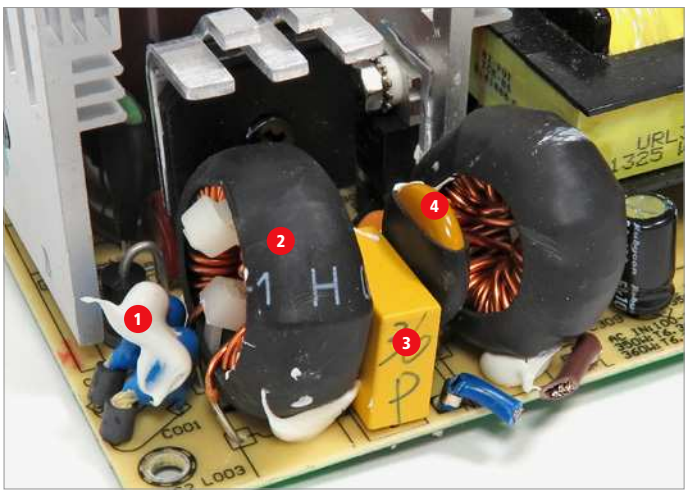
Daneben werden auf der Filterstufe noch Spulen, Metall-Oxid-Varistoren (MOV, variabler Resistor) und Sicherungen genutzt. MOVs sind spannungsabhängige Widerstände, die das System vor Spannungsspitzen aus dem Versorgungsnetz schützen. Billige Netzteile, die auf solch eine MOV verzichten, sollten Sie dann nur mit einem zugeschalteten Überspannungsschutz betreiben, sonst könnte solch ein Spannungsausschlag die Hardware beschädigen. In diesem Bereich kommen auch Spulen zum Einsatz, da diese mit steigender Frequenz ihren Innenwiderstand erhöhen und so hochfrequente Störsignale filtern. Direkt hinter der EMI-Filterung wird meist ein Heißleiter oder ein Relais eingesetzt, damit der Einschaltstrom möglichst gering bleibt. Dieser kann nämlich bis zu zehn Mal so ausgeprägt sein wie der Nennstrom und dementsprechend zu Problemen mit den Stromsicherungen im Haus führen.

Leistungskorrekturfilter

Bei der Versorgung des Schaltnetzteils mit der sinusförmigen

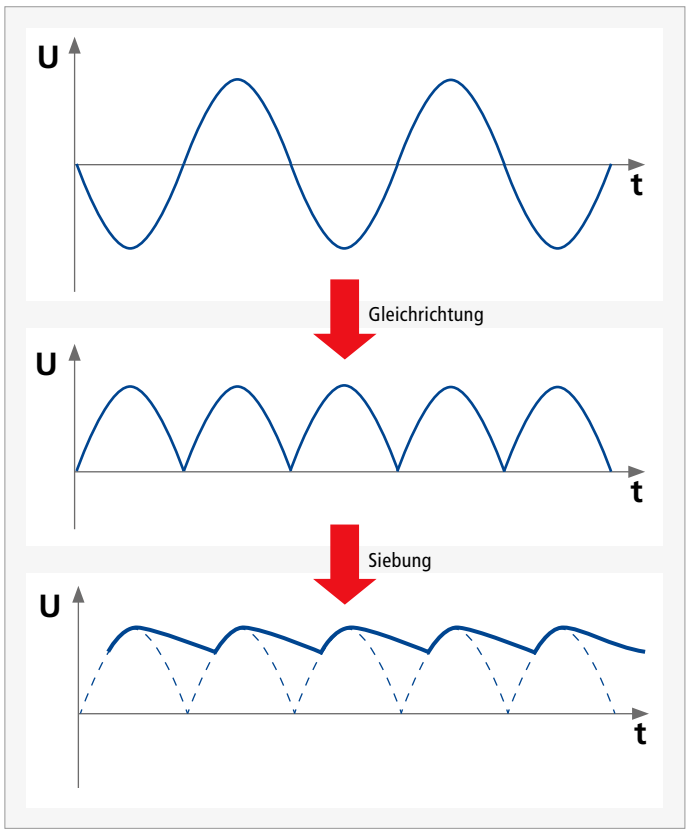


Direkt nach dem Kaltgerätestecker kommt die Eingangsfilterung, die Störsignale aus dem Netz filtern beziehungsweise das Netz vor ebensolchen aus dem Spannungswandler schützt. (1) Y-Kondensator, (2) Ableitwiderstand, (3) X-Kondensator

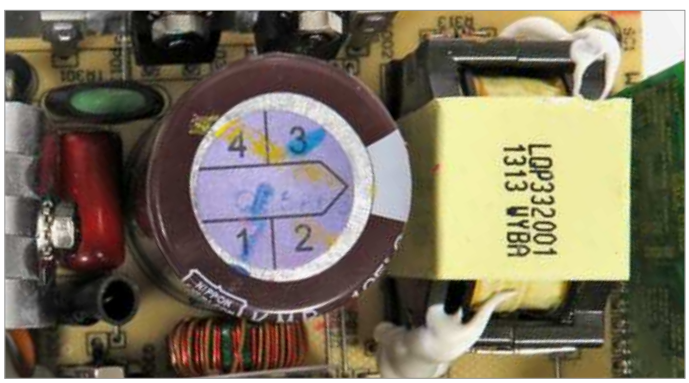


Die Filterstufe ist aber nicht mit dem bisschen Elektronik im obrigen Bild getan, denn für eine ordentliche Unterdrückung von Störsignalen braucht es noch weitere (1) Y-Kondensatoren, (2) Spulen, (3) X-Kondensatoren und (4) einen MOV.

Wechselspannung aus dem Netz entstehen phasenverschobene Eingangsströme, da die Spannungswandler den Strom unsymmetrisch entnehmen. Diese negativen Effekte sind nicht gewollt und bestehen aus Oberschwingungen, die hochfrequente Anteile innehaben und so in anderen Geräten im Netz Störungen verursachen können. Vermieden werden kann dies durch einen Leistungsfaktor, der möglichst nahe bei 1 liegt. Diese Kenngröße beschreibt das Verhältnis von Wirkleistung (tatsächlich verwendbare Energie) und Scheinleistung (gesamte zugeführte Energie aus Wirkleistung und Blindleistung). Da der Leistungsfaktor nicht immer bei 1 liegt, erhöht der Leistungskorrekturfilter (PFC, Power Factor Correction oder Compensation) den Wert. Bei kleinen Leistungen bis 200 Watt erfolgt dies teilweise noch passiv, in modernen Schaltnetzteilen liegt aber in der Regel eine aktive elektronische Schaltung (APFC) vor, die den Leistungsfaktor kontrolliert. Die APFC ist quasi ein zusätzliches Schaltnetzteil, welches dem eigentlichen Spannungswandler vorgeschaltet wird und den bereitgestellten Strom durch ein PWM-Signal kontrolliert. Diese Schaltung sorgt dafür, dass der aufgenommene Strom immer der sinusförmigen Netzspannung entspricht und fährt diese gegebenfalls nach, sollte sie von einer Idealschwingung abweichen. Die APFC besteht deshalb in der Regel aus einem Gleichrichter mit direkt nachgeschaltetem Aufwärtswandler.



Sie sehen eine vereinfachte schematische Darstellung, wie aus Wechselstrom computertauglicher Gleichstrom wird. Wechselstrom wird gleichgerichtet und dann gesiebt.



Hier sehen Sie den aktiven Leistungskorrekturfilter, der direkt vor dem Siebkondensator eine Spule verbaut hat, die den Einschaltstrom ohne Dissipation kompensieren kann.

Zunächst löst das PWM-Signal die Transistoren der APFC aus, welche den erzeugten gleichgerichteten Strom in konstante Pulse zerhackt und die Spannung dann auf 350 bis 400 Volt anhebt. Damit wird auch der Primärkondensator aufgeladen. Dieser siebt die Wechselspannung und versorgt das nachgeschaltete Netzteil mit Energie. So lassen sich mitunter Schwankungen im Netz ausgleichen, es entstehen dadurch aber auch neue hochfrequente Störungen (da ja ein zusätzliches Schaltnetzteil eingebracht wird), die mittels Netzfilter unterdrückt werden müssen.

Primäre Gleichrichtung

Computer nutzen keinen Wechselstrom, der aus der Steckdose kommt, sondern Gleichstrom. Um diesen zu erzeugen, muss der Netzstrom gleichgerichtet werden. Der Strom aus der Steckdose wechselt seine Polung (Richtung) in regelmäßiger Wiederholung und der Spannungsverlauf entspricht einer Sinuskurve. Bei der Gleichrichtung bekommen alle Amplituden, die eine negative Polung aufweisen (also die Täler der Sinusschwingung im Graph), ein positives Vorzeichen, sodass die Täler der Sinuskurve in einem Graph vollständig nach oben geklappt werden.

Die Topologie, die dafür heutzutage verantwortlich ist, nennt sich Gleichrichterbrücke und je nachdem, wie viele MOSFETs eingesetzt werden, spricht man entweder von einer sogenannten Half oder Full Bridge. Die MOSFETs müssen aber aktiv angesteuert werden, damit die Netzspannung in eine Gleichspannung gewandelt werden kann. Früher wurde dies ohne Ansteuerung über eine Diodenbrücke realisiert, die den Wechselstrom während der positiven Phase der Sinuskurve („Berge“ der Schwingung) in eine Richtung durchlässt (Durchlasspolung). Der Nebenwiderstand der Diode kehrt dann den negativen Teil der Sinusschwingung („Täler“) um (Sperrpolung), sodass der Strom nun keine Halbschwingung mehr besitzt. Bevor aber der Strom Computer-Hardware betreiben kann, müssen die Elektronen noch weitere Stationen durchlaufen, denn im Moment liegt noch eine gepulste Gleichspannung vor.

Transformator

Der gepulste gleichgerichetete Gleichstrom aus dem Primärkondensator wird nun durch einen Transistor in ein rechteckiges Wechselstromsignal gewandelt, das eine Frequenz von 50 bis 125 kHz aufweist und in den Tranformator eingespeist wird. Wie schon angesprochen ist die Frequenz notwendig, damit Gewicht und Größe des Transformators im Rahmen eines ATX-Netzteils bleiben können. Die Stromkreise beider Wicklungen sind durch eine galvanische Trennung voneinander isoliert, sodass der angelegte hochfrequente Wechselstrom an der Primärspule ein magnetisches Feld erzeugt, welches wiederum Strom in der Sekundärspule induziert. Der Umspanner wandelt also über zwei oder mehrere Kufperspulen, die über einen Eisen- oder Ferritkern miteinander verbunden sind und unterschiedlich starke Wicklungen aufweisen, die Eingangsspannung in die benötigten 12 Volt um.

Sekundäre Gleichrichtung

Nachdem der Strom die Transformation durchlaufen hat und damit auf der Sekundärseite des Netzteils angelangt ist, muss der nun heruntergewandelte Wechselstrom in computertauglichen Gleichstrom gerichtet werden. Dies kann passiv über Schottky-Dioden erfolgen oder synchron mittels eines sogenannten Synchronous Rectifier, der anstelle von Dioden mehrere MOSFETs verwendet. Auch hier lässt sich wieder an der Effizienzschraube des Netzteils drehen, da Schottky-Dioden einen typischen Spannungsabfall besitzen, der Leistungsverluste nach sich zieht.

Solch ein typischer Spannungsdrop beträgt beispielsweise 0,5 V. Wenn wir nun 28 A durchleiten wollen,

dann erzeugt die Schottky-Diode 14 Watt Dissipation (28 A × 0,5V). Bei MOSFETs ist dieser Wert viel geringer, da diese Transistoren über einen niederohmigen Einschaltwiderstand von ca. 1 mΩ verfügen. In unserem Fall bedeutet das, dass ein MOSFET 0,784 Watt dissipiert und damit die Effizienz um 5,6 Prozent gesteigert wird. Neben diesen beiden Typen der Gleichrichtung gibt es auch noch Hybridschaltungen aus MOSFETs und Schottky-Dioden, um so die Kosten bei einer gleichzeitigen Steigerung der Effizienz (verglichen mit einer passiven Lösung) zu drücken.

Entstehen der Spannungen

Die Anforderungen an die unterschiedlichen Schienen im Netzteil haben sich in den letzten Jahren durch moderne Hardware drastisch geändert: Durch leistungsfähigere Grafikkarten und durstige Prozessoren wird der 12-Volt-Schiene immer mehr Bedeutung zuteil. Um die gewünschten Spannungen in einem Netzteil zu erzeugen, werden die Schienen entweder in Gruppen reguliert, durch eine Spannungsregulation angepasst oder jede Leitung wird unabhängig voneinander erzeugt.

Bei älteren gruppenregulierten Geräten wurden mindestens zwei Ausgangsspannungen über denselben Quelltransformator generiert. Dieser besaß dann zwei unterschiedlich gewickelte Sekundärspulen und konnte so zwei Spannungen ausgeben. Problematisch wird dieses Design, wenn das Netzteil eine der beiden Spannungen korrigieren muss, da ein Anpassen der Voltzahl an der Primärspule immer eine Veränderung in beiden Spulen nach sich zieht. Sind also mehrere Ausgangsspannungen abhängig von einem Transformator, werden diese deshalb auch in Mitleidenschaft gezogen. Werden beispielsweise 12 und 5 Volt aus einem Transformator generiert und es kommt zu einem Lastungleichgewicht, weil auf der 12-Volt-Schiene ein größerer Verbaucher zugegen ist als auf der 5-Volt-Schiene, dann hat der Controller Probleme damit, eine saubere Spannungsregulation hinzubekommen. Obwohl das Netzteil versucht, nur die 12-Volt-Schiene mit mehr Energie zu versorgen, wird automatisch die 5-Volt-Leitung mit angehoben, da beide Spannungen über einen Transformator aus dem Versorgungsstrom gebildet werden. Bei solchen Crossload-Szenarien schaffen es gruppenregulierte Netzteile deshalb auch nicht, unterhalb der 5-Prozent-Toleranzgrenze zu bleiben, die die ATX-Norm vorgibt.

Dagegen werden alle Spannungen bei unabhängig regulierten Netzteilen getrennt voneinander erzeugt. Jede Schiene bekommt in solch einem Netzteil ihre eigene unabhängige Schaltung, sodass es nicht zu Spannungsabweichungen oder -abfällen kommt. Dieses Design findet man hauptsächlich in Enthusiasten-Spannungswandlern, bei denen der Preis eine untergeordnete Rolle spielt. Das wohl heutzutage am häufigsten eingesetzte Netzteildesign ist aber die Spannungsregulation, auch als DC-DC-Wandler bekannt. Zunächst wird aus der Netzspannung über die bereits erwähnten Stationen in einem Netzteil eine saubere Ausgangsspannung von 12 Volt erzeugt. Damit aber die beiden anderen Spannungen generiert werden können, kommen sogenannte Buck Converter zum Einsatz. Diese Baugruppen wandeln die 12 Volt dann auf die angestrebten 3,3 beziehungsweise 5 Volt ab und nehmen so direkt die erzeugten Ausgangsspannung des Quelltransformators ab. Durch

Transformator: Was die Wicklung hergibt

Transformatoren bestehen aus zwei Spulen mit jeweils einer unterschiedlich starken Wicklung aus einem Kupferdraht. Beide Wicklungen teilen sich einen gemeinsamen Ferrit- oder Eisenkern und sind so über diesen „magnetisch" verbunden. Die Eingangsspannung an einer der Spulen wird dann in eine veränderte Ausgangsspannung an der anderen Spule umgewandelt. Dabei entspricht das Verhältnis der Wicklungen zueinander dem Verhältnis der Spannungen.

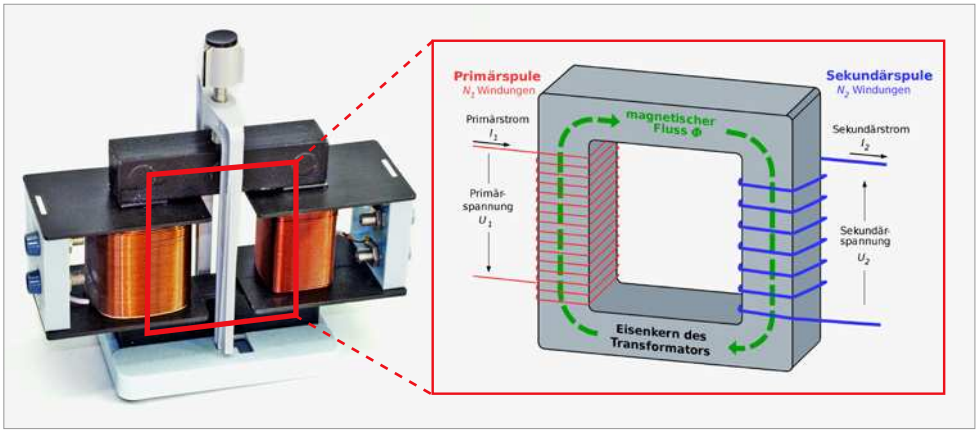
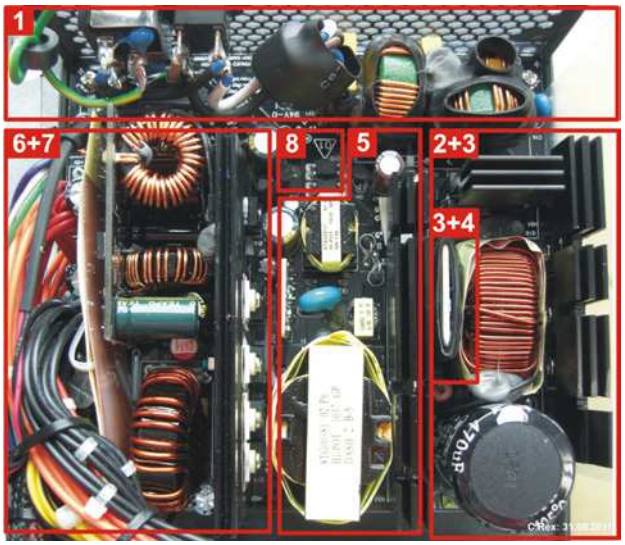


Bild: Wikipedia, User Zátonyi Sándor, pcgh.de/Transformator; CC 3.0 SA

Überblick bei Baugruppen

In diesem Foto wollen wir Ihnen einen Überblick über die einzelnen Topologien in einem Netzteil geben. Dieses Foto soll vor allem veranschaulichen, wo im Spannungswandler sich die einzelnen Aufbereitungsstufen für den Strom befinden.



Topologie	Beschreibung
1) EMI	Bereinigung von Störfaktoren
2) AC/DC	Gelichrichtung der Wechselspannung
3) PFC	Chipgesteuerte Leistungsfaktorkorrektur
4) PWM	Pulsweitenmodulation, MOSFETs werden durch ICs überwacht
5) AC/AC	Transformation in geringere Spannungen
6) AC/DC	Gleichrichtung der Wechselspannung
7) Filter	Siebung der Gleichspannung
8) Feedback	Kontrolle und Überwachung der ausgehenden Spannungen

Bild: Be Quiet

Controller werden die beiden geringen Spannungen überprüft und eventuell nachgeregelt, sodass durch diesen Aufbau im Prinzip kein Einfluss mehr auf die 12-Volt-Schiene erfolgt.

Die Spannungen -12 Volt und 5VSB (Standby) fehlen in dieser Übersicht noch. Die -12-Volt-Leitung ist üblicherweise über eine konventionelle Diode realisiert, da meistens weniger als 1 A für das Netzteil beziehungsweise den Rechner benötigt wird. Bei der 5-Volt-Standby-Leitung wird dagegen normalerweise auf eine vollständig eigene Verschaltung gesetzt, die auch über einen eigenen Transformator verfügt, da diese Spannung kontinuierlich ausgegeben wird, selbst im Standby des Netzteils. Wir haben nun also den Werdegang der Elektronen durch einen Spannungswandler verfolgt und beobachtet, wie aus alternierendem Wechselstrom mit einer Spannung von 230 Volt computertaugliche 3,3, 5 und 12 Volt Gleichspannung wurden. Auf diesem Weg wurde der Strom nicht nur umgewandelt, sondern auch gesäubert und geglättet, damit er die Anforderungen an die sensible Hardware erfüllt.

Top-Topologie LLC-Wandler

Um die Effizienz zu steigern und damit sich die ausgegebenen Spannungen immer mehr dem Ideal annähern, gibt es neben den bereits angesprochenen Topologien noch weitere Kniffe.

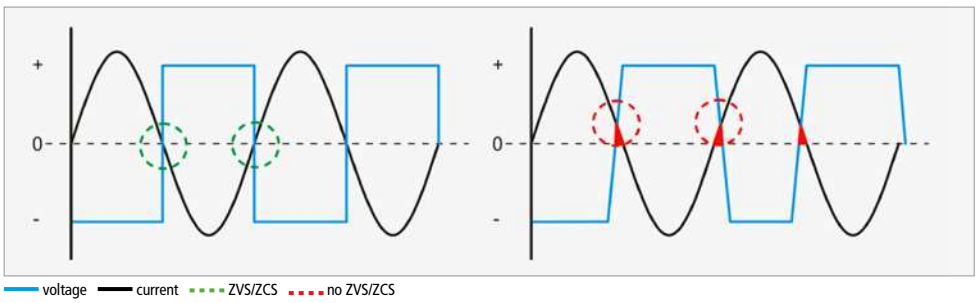
Eine wichtige Schaltung, die auch bereits erwähnt wurde, ist der LLC-Resonanzwandler. Dieser findet in nahezu allen Titanium- und Platinum-Netzteilen Anwendung, da man durch das ZVS die Schaltverluste minieren kann. Dieser Wandler, bestehend aus zwei Spulen (L) und einem Kondensator (C), wird innerhalb der primären Gleichrichtung eingesetzt und direkt hinter eine Half oder Full Bridge gesetzt. Diese Halb- oder Vollbrückendurchflusswandler haben heutzutage ihr Optimierungsmaximum mit den eingesetzten Frequenzen von 50 bis 125 kHz erreicht. Noch höhere Schwingungszahlen würden wieder Probleme einführen, wie etwa Verluste durch die Ummagnetisierung des Transformatorkerns. Hinzu kommt ein linearer Anstieg der Verlustleistung an der MOSFET, da die Schaltgeschwindigkeit zwischen Off und On durch physikalische Grenzen beschränkt ist. Um dennoch die Effizienz erhöhen zu können, kommt der nachgeschaltete LLC-Resonanzwandler zum Einsatz. Auf der Primärseite wird nun ein Schwingkreis mit dem Transformator und dem zusätzlichen Kondensator erzeugt, sodass anstatt der Rechteckimpulse eine sinusförmige Welle entsteht. Dieser Schwingkreis gibt dann auch die Frequenz vor, sodass zwei MOSFETs nur noch die Energie liefern müssen. Erst dadurch ist das Zero-Voltage-Switching überhaupt möglich.

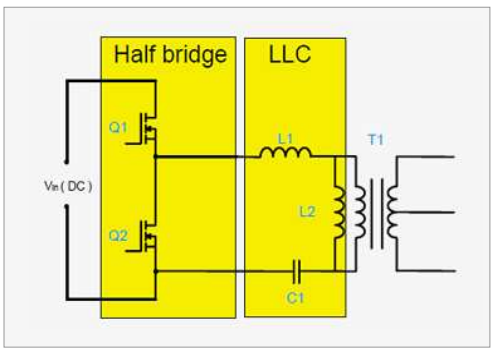
Der LLC-Resonanzwandler findet schon seit geraumer Zeit Anwendung, beispielsweise in Geräten, die keine dynamischen Lasten benötigen. Ältere Netzteile ohne LLC-Schaltung reagierten auf Laständerung mit der Anpassung der Frequenz und/oder Pulsbreite. Steigt die Last nun in einem Netzteil mit LLC-Resonanzwandler, kann eine Akkodomation nur über die Pulsbreite erfolgen, da der Schwingkreis eine eigene Frequenz vorgibt. Dies ist aber problematisch, da so nicht mehr adäquat auf veränderte Lasten reagiert werden kann. Eigentlich würde sogar bei steigender Belastung die Frequenz ansteigen, da der Transformator Teil des Kreises ist und die Induktivität bei steigender Belastung abnimmt.

Um dies zu umgehen, haben die Ingenieure von Seasonic damals einfach eine weitere Spule in den Schwingkreis eingeführt, die bei Bedarf zugeschaltet wird und den Induktivitätsverlust des Transformators kompensiert. Darüber hinaus kann dadurch die Resonanzfrequenz herabgesetzt werden. Das Problem an diesem Kniff ist die komplizierte Umsetzung, denn ein Mikrocontroller muss hier Frequenz und Periodendauer überwachen und im Bruchteil einer Sekunde aneinander anpassen. So entstehen mehrere der Leistung angepasste Stufen, die durch die Pulsweitenmodulation dann feinjustiert werden können.

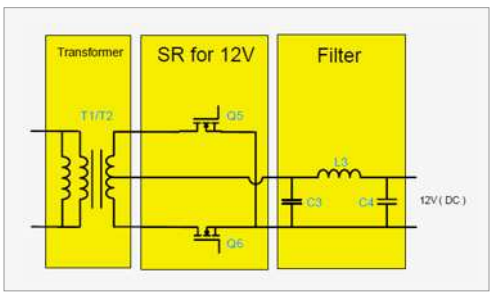
Dank der Portierung der LLC-Resonanzwandler-Topologie in moderne Netzteile lassen sich mitlerweile Effizienzwerte von über 90 Prozent erreichen. Titanium- oder Platinum-Spannungswandler wären ohne diese Schaltungstopologie bisher so überhaupt nicht möglich gewesen. *(ab)*

Moderne Topologien oder „Push it to the Limit“





Die hier abgebildeten Topologien ermöglichten es Netzteilherstellern, in den letzten Jahren, den Wirkungsgrad immer weiter gen Maximum zu verschieben. Durch Reduzierung der Schaltverluste (Grafik oben, LLC), synchrone Gleichrichter (SR) und die DC-DC-Wandler erreichen High-End-Netzteile heutzutage Effizienzwerte von bis zu 95 Prozent. In Zukunft werden wahrscheinlich andere Materialien wie Galliumnitrid, das im Gegensatz zu Silizium einen geringeren Widerstand aufweist und so eine weitere Verringerung von Schaltverlusten an den FETs erlaubt. Damit wäre auch einer Erhöhung der Leistungsdichte um bis zu 40 Prozent möglich.



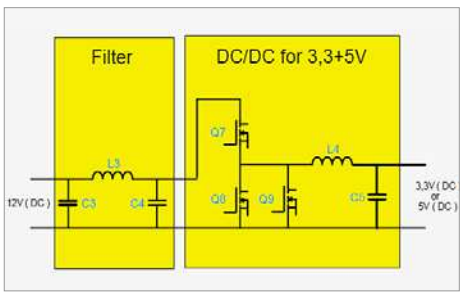


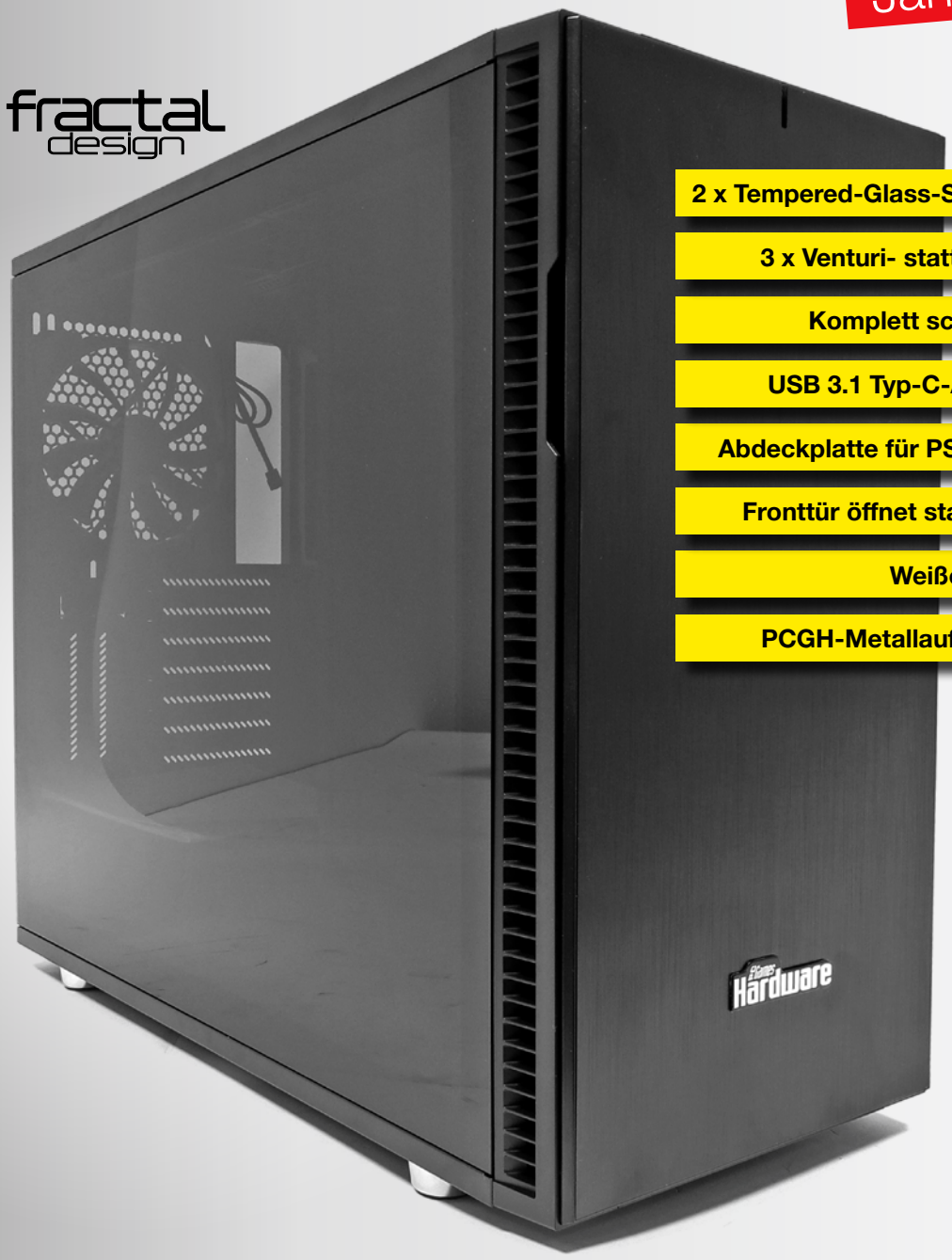
Bild: Be Quiet

ANZEIGE

Fractal Design

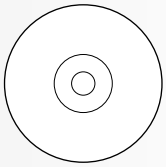
R6 PCGH-Edition

Ab Mitte/Ende Januar im Handel!



- 2 x Tempered-Glass-Seitenteile mit starker Tönung
- 3 x Venturi- statt Dynamic-Lüfter (3-pin)
- Komplett schwarzer Innenraum
- USB 3.1 Typ-C-Anschluss an der Front
- Abdeckplatte für PSU-Shroud im Lieferumfang
- Fronttür öffnet standardmäßig nach rechts
- Weiße Power-LED
- PCGH-Metallaufkleber im Lieferumfang

Video auf Heft-DVD



Mehr Infos unter: ww.pcgh.de/r6

PCGH Hardware
Offizielles PCGH-Produkt

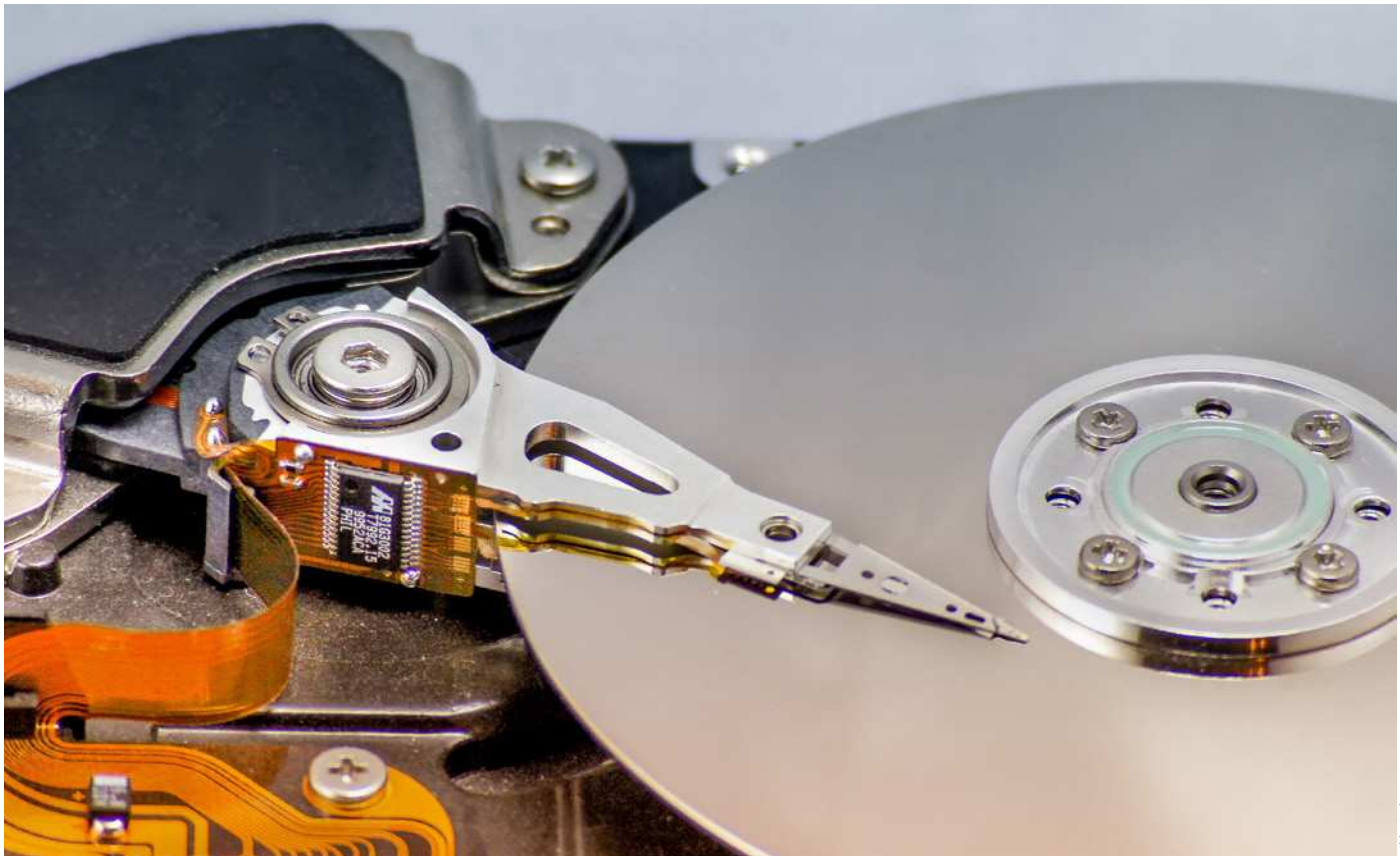


Bild: Pixabay

Mehr Speicher mit Hitze

Neue Schreibtechnologien erhöhen stetig die Speicherdichte von Festplatten, wie kürzlich HAMR. Damit sind in Zukunft HDDs möglich, die eine Kapazität von 100 Terabyte und mehr aufweisen können.

Magnetische Massenspeicher werden immer stärker als nicht-flüchtiges Speichermedium verdrängt. Die Konkurrenz am Horizont kommt ohne mechanisch bewegliche Teile aus und kann mit besseren Zugriffszeiten punkten. Die Rede ist natürlich von den Solid-State-Drives, die mittels Ladungsspeicherung Daten sichern und langsam das natürliche Habitat der Festplatte übernehmen.

Vor ziemlich genau 62 Jahren ging es mit der IBM 350 RAMAC los, die erste Festplatte, die ganze 3,75 Megabyte Speicher bereitstellen konnte: Dafür benötigte man 1956 einen 173 cm hohen Plattenstapel aus 50 magnetisierbaren Aluminiumscheiben. Solche Plattenspeicher sind auch noch 62 Jahre später im Einsatz, natürlich viel geringer dimensioniert und deutlich leistungsfähiger als damals, das Grundprinzip hat sich aber seither nicht wesentlich verändert. Durch neue Materialien und Herangehensweisen beim Schreiben konnte die Speicherdichte immer wieder erhöht werden, sodass auch noch in Zeiten von SSDs Festplatten weiterentwickelt werden und eine Daseinsberechtigung als Datengräber haben – denn sie bieten Kapazitäten zu erschwinglichen Preisen.

Der Grundaufbau

Prinzipiell werden Daten auf allen Festplatten über magnetische Zustände gesichert, die mittels unterschiedlicher Methoden auf einen magnetischen Plattenteller geschrieben werden. Gespeichert wird deshalb auf den Metallscheiben, die mit Hochgeschwindigkeit um eine Achse rotieren. Diese Scheiben bestehen meist aus einer Aluminium- oder Magnesium-Legierung, aus Glas oder Verbundstoffen – je nachdem welche Datendichten man erreichen möchte. Wichtig ist vor allem, dass die Materialien formstabil sind, eine geringe elektrische Leitfähigkeit aufweisen und nicht magnetisch sind. Diese Metallplatten (engl. Platter) werden dann mit einer Eisenoxid- oder Kobalt-Schicht versehen, die die eigentliche Speicherung von Informationen erlaubt. In dieser Schicht sind winzige Partikel vorhanden, die in Körnern eine magnetische Polung annehmen und so Daten speichern können. Die beiden unterschiedlichen magnetischen Ausrichtungen entsprechen dabei den Einsen und Nullen binärer Daten. Prinzipiell könnte eine Speicherung von Information bereits jetzt erfolgen, aber in der Praxis wird dieser magnetisierbare Belag noch zusätzlich mit einem diamantähnlichen Kohlenstoff geschützt, um so nicht nur mechanische Beschädigungen durch den Lese- und Schreibkopf des Massenspeichers zu vermeiden, sondern auch die Kapazität der HDD zu erhöhen.

Schreiben wie in den 60ern

Die Kapazität einer Festplatte wird logischerweise durch die Fläche begrenzt, die magnetisiert werden kann. Das Longitudinal Magnetic Recording (LMR, längslaufende magnetische Aufzeichnung) wurde

seit nahezu 50 Jahren für die Speicherung von Informationen auf einer Festplatte verwendet und wurde erst 2006 durch den Nachfolger, die Senkrechtaufzeichnung (PMR), abgelöst.

Beim LMR sind die Bereiche, die für ein Bit an Information magnetisiert werden, parallel zur Rotationsrichtung des Datenträgers orientiert. Das Schreiben von Daten erfolgt dann durch einen Schreibkopf, der über eine Spule verfügt, die mit dem entstehenden Magnetfeld den Bereich direkt darunter auf der Metallplatte magnetisiert. Beim Schreibvorgang entstehen so viele kleine magnetisierte Bereiche, die Daten konzentrisch auf der Scheibe anordnen. Dabei entstehen auch benachbarte Bits mit einer entgegengesetzten Magnetisierung, die durch eine Übergangsschicht voneinander getrennt vorliegen. Beim Lesevorgang erzeugen die kleinen magnetischen Bereiche auf der Festplatte ein Magnetfeld in der Spule, sodass es zur Induktion einer geringen Spannung kommt, die verstärkt wird und dann als Datenstrom ausgelesen werden kann. Durch Verringerung der Speicherstruktur – also kleinere magnetisierbare Bereiche, die ein Bit darstellen – können so Datendichten von bis zu 31 Gigabit pro Quadratzentimeter erreicht werden. Erst dann wirkt sich der superparamagnetische Effekt aus. Der Superparamagnetismus stellt für magnetisierbare Speichermedien die physikalische Obergrenze der möglichen Aufzeichnungsdichte dar, da sich hier schon geringe Temperaturschwankungen auf die Daten auswirken. Die Speicherkörner an magnetisierbaren Partikeln können die Magnetisierung bereits durch geringe thermische Änderungen verlieren.

Aus längs wird senkrecht

Um die Kapazität der bisherigen Festplatten zu erhöhen, kam man auf die pfiffige Idee, die magnetisierbaren Bereiche nicht längs, sondern senkrecht zu organisieren. Mit der neuen Anordnung der Speicherkörner beim sogenannten Perpendicular Magnetic Recording (PMR) konnte die Datendichte bei gleicher Fläche etwa dreimal so dicht organisiert werden wie noch beim LMR. Damit sind bis zu 160 Gigabit pro Quadratzentimeter realisierbar. Bereits 1976 stellte Shun'ichi Iwasaki fest, dass die senkrechte Ausrichtung des magnetischen Moments bei Datenträgern eine Erhöhung der Speicherdichte nach sich zieht, aber erst 2005 war es möglich, diese Technik als Konsumgut in Form einer 2,5-Zoll-Festplatte mit 160 GB und einer 3,5-Zoll-Festplatte mit 750 GB Speicher unterzubringen – ganze 29 Jahre nach Iwasakis Entdeckung.

Das Schreibverfahren im PMR unterscheidet sich durch die veränderte räumliche Anordnung der magnetisierbaren Bereiche etwas vom herkömmlichen longitudinalen Speichervorgang. Der Schreibkopf muss nämlich einen viel fokussierteren magnetischen Fluss erzeugen, der tiefer in das Speichersubstrat hineinreicht. Dafür werden die Pole des Schreibkopfes so verändert, dass der Hauptpol schmaler und der Rückpol dafür umso breiter ausfällt. Dadurch können am Hauptpol hohe Feldstärken erzeugt werden, die das Material ummagnetisieren und so Informationen sichern. Der Rückpol muss dagegen so breit sein, damit das Magnetfeld abgeschwächt wird und die bereits geschriebenen Daten nicht sofort wieder verloren gehen. Dank dieses Designs des Schreibkopfes können die magnetischen Feldlinien senkrecht in das Speichersubstrat eindringen. Hinzu kommt noch ein weichmagnetisches Medium unter der senkrecht angeordneten Speicherschicht, die äußerst durchlässig für Magnetfelder ist und als magnetischer Spiegel für den Schreibkopf fungiert. Mit dieser Anordnung ist es möglich, die Feldlinien aus dem breiten Rückpol perpendikular in den Hauptpol zu leiten und so einen senkrecht ausgerichteten Speicherbereich zu erzeugen.

Wissenschaftler haben bereits die Bit-Größe – also die magnetisierbaren Körner, die für ein Bit stehen – bei PMR-Festplatten drastisch verringert. Dies konnte nur bewerkstelligt werden, indem Speichermaterialien herangezogen wurden, die eine hohe Koerzitivfeldstärke aufweisen. Damit wird die magnetische Feldstärke beschrieben, die benötigt wird, um eine ferromagne-

Dahin soll es gehen: Die Roadmap für magnetische Speicher

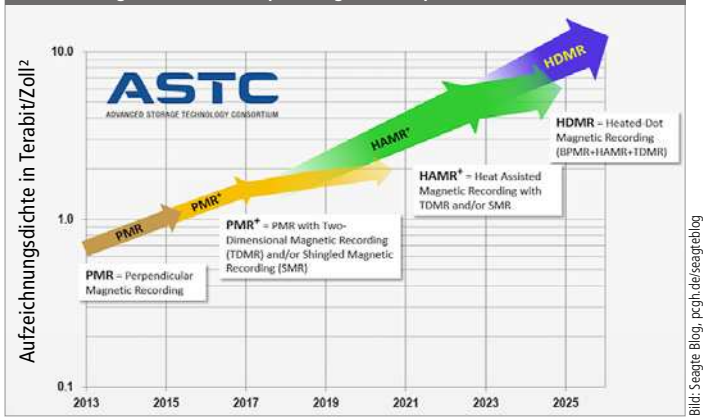


Bild: Seagte Blog, pcgh.de/seagteblog

Erst 2006 wurde LMR von PMR abgelöst. Noch 2018 soll HAMR kommen, welches dann mit Bit Patterend Media zu HDMR (Heat Dotted Magnetic Recording) wird.

Konventionelle Schreibverfahren LMR und PMR

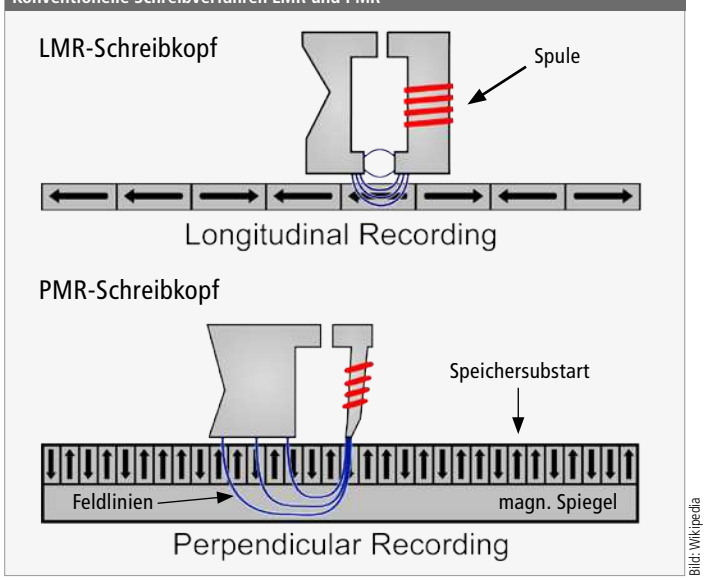


Bild: Wikipedia

Hier wird nochmal deutlich, wie viel mehr Bits mit dem PMR-Verfahren gespeichert werden können. Der magnetische Spiegel erlaubt erst senkrechte Magnetfelder.

Shingled Magnetic Recording – SMR

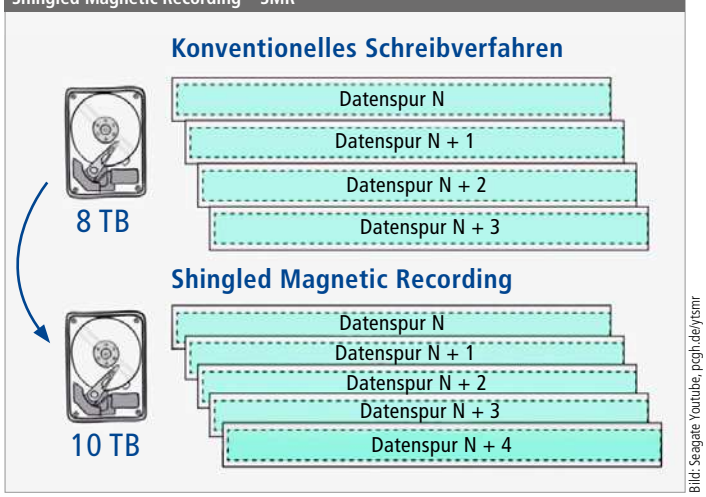


Bild: Seagate Youtube, pcgh.de/ytsmr

Durch das Überlappen wie bei Dachschindeln kann Platz gespart und schlussendlich mehr Daten auf der gleichen Fläche gespeichert werden (bis zu 25 % mehr).

tische Substanz vollständig zu entmagnetisieren. Besitzt ein Material also eine hohe Koerzitivfeldstärke, kann es die Magnetisierung stabiler und effektiver halten – ideal also für Festplatten. Im Jahr 2013 hat man die noch realisierbaren Feldstärken erreicht, die bei Materialien mit hohen Koerzitivwerten benötigt werden. Der Lesekopf bleibt beim PMR- prinzipiell gleich zum LMR-Verfahren, lediglich die Sensitivität wurde über den Riesenmagnetowiderstandseffekt erhöht. Bei diesem quantenmechanischen Effekt wird der elektrische Widerstand der Speicher-Bits gemessen: Je nach Orientierung der Speicherbits ist der Wert hoch (entgegengesetzt) oder gering (parallel).

LMR, PMR und Speicherinseln

Alle drei Verfahren bilden auf unterschiedliche Art und Weise Informationen ab. Liegend, senkrecht oder in Inseln organisiert.

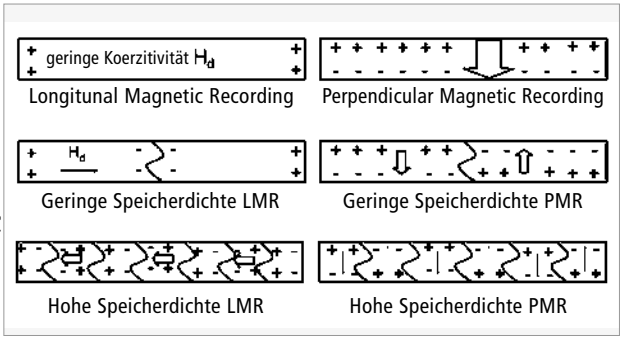


Bild: S.N. Piramanayagam, 2006

Hier wird nochmal klar, wie viel mehr Daten durch das PMR-Verfahren auf die gleiche Fläche eines Platters geschrieben werden können. Bei LMR ist der superparamagnetische Effekt der limitierende Faktor.

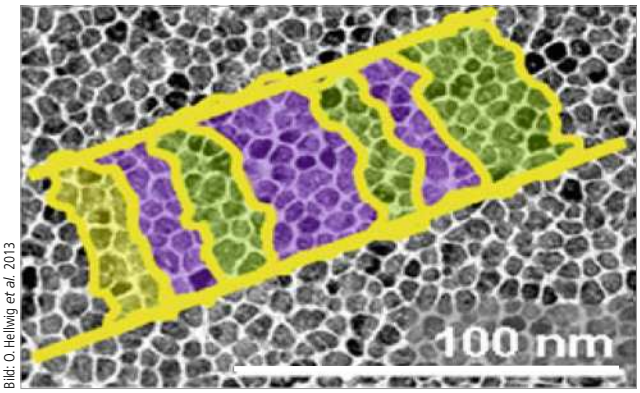


Bild: O. Hellwig *et al.* 2013

So sehen sieben Bits auf einer Festplatte aus. Immer 20 bis 30 solcher Granula bilden ein Bit ab. Lagen die magnetisierbaren Bereiche beim LMR noch längs, stehen sie senkrecht beim PMR. Man sieht also nur den Anfang.

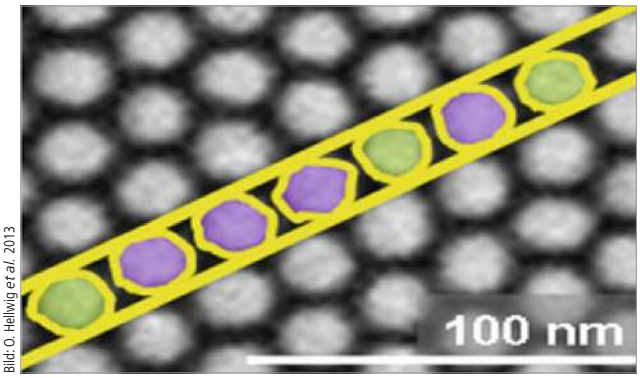


Bild: O. Hellwig *et al.* 2013

Mit Bit Patterend Media werden im Vorfeld Inseln aus dem Speichersubstrat erzeugt, die sich deutlich kleiner organisieren lassen. Mit BPM lässt sich der superparamagnetische Effekt bei PMR umgehen.

Push it to the Limit – again

Je enger man die konzentrischen Speicherkreise auf einem Platter zieht, desto mehr Information kann man logischerweise auf selbigem speichern. PMR hat aber wie LMR bereits vor einiger Zeit die Obergrenze erreicht, wie viel Daten pro Quadratzentimeter in solchen Datenkreisen gespeichert werden können. Pfiffige Forscher haben beim Shingled Magnetic Recording (SMR) die Anordnung der magnetischen Spuren auf der Festplatte dahingehend optimiert, dass diese nun wie Dachschindeln angeordnet sind. Dadurch werden zwar benachbarte Bahnen teilweise überschrieben, diese werden dann aber neu geschrieben, um einen Datenverlust zu vermeiden. Außerdem werden diese „Datenschindeln" in Gruppen organisiert, damit sich die Notwendigkeit des Neuschreibens nicht über den gesamten Platter zieht. Damit wird zwar teilweise die Geschwindigkeit verringert, dieses Verfahren ermöglicht aber eine Erhöhung der Datendichte um 25 Prozent bei gleicher Platterfläche und Festplatten mit 10 Tb Speicherkapazität.

Stop! HAMR Time!

In immer kürzerer Zeit produzieren wir immer mehr nicht flüchtige Daten. Ansätze wie SMR, heliumgefüllte Festplattengehäuse oder optimierte Lesealgorithmen können zwar kurzzeitig unseren Bedarf stillen, über kurz oder lang kommen all diese Verfahren aber wieder an die Grenze ihrer Aufzeichnungsdichte. Erst das von Seagate entwickelte Heat Assisted Magnetic Recording (hitzeunterstütztes Schreibverfahren) erlaubt neue Speicherdichten über die bisherigen Limitierungen hinaus.

Bei HAMR wird der Bereich, in dem Daten geschrieben werden sollen, kurzzeitig mit einem Laser über die Curie-Temperatur des Platters aufgeheizt. Erst bei dieser Temperatur verlieren die Partikel ihre Magnetisierung und können einen neuen magnetischen Zustand annehmen. Dieser liegt auch nach dem Abkühlen stabil vor, obwohl die Speicherstrukturen bei diesem Verfahren noch kleiner dimensioniert sind als bisher. Damit kann der superparamagnetische Effekt, der LMR obsolet machte, für Festplatten mit HAMR umgangen werden – man fixiert die Magnetisierung salopp gesagt durch einen Laser. Western Digital verfolgt mit MAMR (Microwave Assisted Magnetic Recording) einen anderen Ansatz, um die Limitierungen von PMR zu umgehen. Statt eines Lasers, der das Material aufheizt, erzeugt ein Spin-Torque-Oszillator ein Magnetfeld am Schreibkopf mittels Mikrowellen. Dadurch kommt man wieder in den Bereich von realisierbaren Feldstärken, die bei einer höheren Aufzeichnungsdichte notwendig werden. HAMR soll noch in diesem Jahr eine Festplatte mit 16 Tb erlauben, 2019 sollen dann 20+ TbHDDs auf den Markt kommen und bis 2025 versprechen sich die Speicherforscher Festplatten mit 100 Tb und mehr.

BPM – Bit Patterned Media

Für Speicher mit 100 Tb und mehr muss die HAMR-Technologie aber noch als Bit Patterned Media organisiert werden. Dabei handelt es sich um magnetische Inseln, die jeweils im Nanometermaßstab Bits speichern (eine Insel, ein Bit). Bisher werden Daten auf einem magnetischen Film gespeichert, der eine granulare Struktur aufweist. Dort wird ein Bit mit ungefähr 20 bis 30 magnetisierbaren Körnern abgebildet. Durch Herabsetzen der Durchschnittskorngröße kann man bis zum superparamagnetischen Effekt die Speicherdichte erhöhen. Bei BPM sind die Speicherstrukturen, in diesem Fall also die Inseln, durch Nanolithografie bereits vorgegeben. Jedes Bit wird bei BPM dann über eine starke Austauschwechselwirkung repräsentiert, anstatt wie beim granulosen Substrat durch viele schwache Wechselwirkungen. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass die Energiebarriere nun proportional zum Inselvolumen ist und nicht mehr zum Volumen einzelner Speicherkörner. Damit kann die Dichte erneut angehoben werden, denkbar sind bis zu 300 Tb/Zoll². *(ab)*

IT-Onlinetrainings

Mit Experten lernen.

- Lernen Sie, wo und wann Sie möchten.
- Sparen Sie Zeit und Kosten.
- Bleiben Sie trotz zeitlicher Engpässe up-to-date.

CMG IT-ACADEMY

LPIC-1 / LPIC-2 Trainings

mit Ingo Wichmann , Linuxhotel

LPIC-1 (LPI 101 + 102)
499 €

LPIC-2 (LPI 201 + 202)
499 €

linuxhotel

Effiziente BASH-Skripte

mit Klaus Knopper,
Gründer der Knoppix-Distribution, KNOPPER.NET
199 €

Einfache IMAP-Server mit Dovecot

mit Peer Heinlein,
Heinlein Support GmbH
249 €

heinlein

Linux-Hochverfügbarkeit und Clusterbau

mit Dr. Michael Schwartzkopff,
sys4 AG
299 €

[*] sys4 Enterprise Experts

Python für Systemadministratoren

mit Rainer Grimm,
science + computing AG
199 €

python™

Puppet Fundamentals

Das offizielle Training
mit Achim Ledermüller,
NETWAYS GmbH
299 €

puppet labs
NETWAYS

/ComputecAcademy

www.computec-academy.de

Redaktionseinblicke 2.0

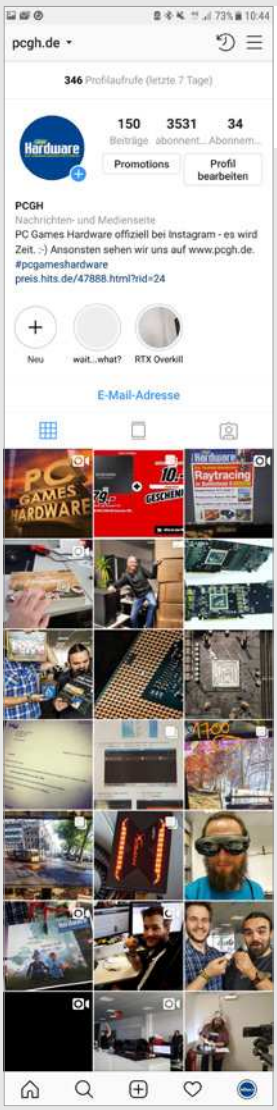
Dank der neuen Social-Media-Kanäle sind wir nicht nur im regen Austausch mit unseren Lesern, sondern bieten ihnen dort auch Einblicke in den spannenden Redaktionsalltag der PC Games Hardware.

Kennen Sie schon die Fotoplattform Instagram oder den Kommunikationsservice Discord?

PC Games Hardware möchte Ihnen durch das Teilen von Fotos und Videos auf Instagram Einblicke in den Arbeitsalltag der Redakteure geben. Egal ob die neueste Hardware im Testlabor angekommen ist oder wir nur über Hardware-Themen fachsimpeln: Passiert etwas in den Redaktionsräumen, erfahren Sie es auf Instagram als Erstes!

Fast werktäglich interagieren wir auf Instagram mit unseren Followern oder posten neue Fotos, Videos und Challenges. Wenn Sie Fragen zu Setups oder generellen Computerproblemen oder -konfigurationen haben, sollten Sie mal auf Discord vorbeischauen. Das Forenmitglied „cryptochrome“ hat extra einen Discord-Server für die PCGH-Community eingerichtet, der noch Mitglieder sucht.

Dort können Sie mit anderen Enthusiasten, Schraubern, Nerds und Spielern über die neueste Hardware, Games oder auch alltägliche Themen fachsimpeln und diskutieren. Wer sich nicht über bloße Textnachrichten austauschen möchte, sondern ein echtes Gespräch bevorzugt, hat die Wahl zwischen einer Reihe von Sprachkanälen, die verschiedenen Themen wie Hardware, Gaming oder Community zugeordnet sind. Damit ist es auch ein Leichtes, mit Gleichgesinnten ein Team zu bilden und koordiniert im Lieblingsspiel zu agieren. *(ab)*



Instagram, die Social-Media-App, die sich als digitaler Fotodienst versteht und dank Filter nahezu jedes Bild perfekt aussehen lässt.

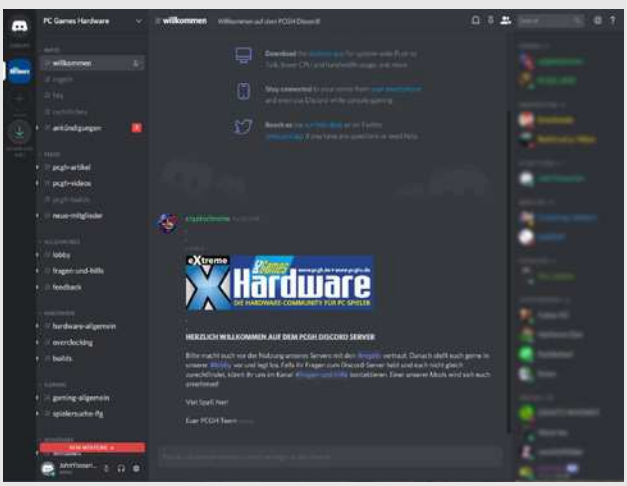
Die erstmals im Oktober 2010 veröffentlichte App hat innerhalb der letzten acht Jahre unheimlich viele Menschen begeistert: Bereits im Dezember 2010 hatte der Internetdienst eine Million Nutzer, im Juni 2018 waren es knapp eine Milliarde aktiver Anwender. So viele Nutzer produzieren natürlich entsprechend viele Bilder und Videos zu jedem erdenklichen Thema. Statistiken aus dem Jahre 2016 gaben an, dass pro Tag mehr als 60 Millionen Beiträge auf der Plattform geteilt werden.

Auf Instagram werden Ihnen unzählige Filter und umfangreiche Einstellungsmöglichkeiten geboten. Mit diesen Features können Sie dann Ihre Handyfotos in neuem Licht erstrahlen lassen. An die vorgegebenen Formate muss man sich vielleicht noch etwas gewöhnen, aber in der Regel kann man einen Schnappschuss mit wenigen Handgriffen zu einem bestaunenswerten Foto aufwerten. Dank kleiner Zusatzprogramme für die App lassen sich auch kinderleicht GIFs erstellen.

Instantmessenger und reine Chats waren gestern: Discord etabliert sich zum Standard für die Kommunikation bei PC-Spielern, egal ob Text- oder Sprachnachrichten.

„Wir erschufen Discord, um Gamer zusammenzubringen“, das sagen zumindest die Macher der Plattform über sich selbst und scheinen damit richtig Erfolg zu haben: Waren es 2016 noch drei Millionen Nutzer, sprengte der Mai 2018 mit 130 Millionen Anwendern alle Erwartungen. Das Konzept aus kostenlosem Kommunikationsservice, einfacher Bedienung und dennoch tiefgehenden, forenähnlichen Funktionen geht also auf. Die Discord-App ist plattformübergreifend und deshalb auf den mobilen Endgeräten, Windows und Mac anwendbar. Wer auf eine Installation verzichten möchte oder muss, kann den Dienst aber in vollem Umfang über den Browser nutzen. Für den PCGH-Server benötigen Sie eine persönliche Einladung, diese finden Sie auf:

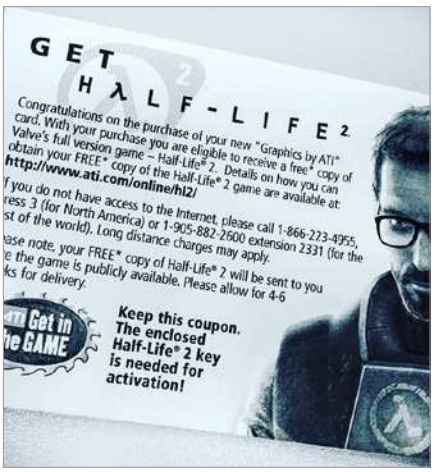
www.pcgh.de/discord



Ein kleiner Auszug aus unserem Instagram-Account

Seit nahezu elf Monaten posten wir fast werktäglich etwas aus der Redaktion. Sei es nun ein Besuch von Ali Abbas, Dinge aus dem Redaktionsalltag oder doch eine Skurrilität aus dem Lager? Hier haben wir neun von insgesamt 150 Beiträgen mal abgelichtet.

Als AMD den Threadripper veröffentlichte, haben wir ein sehr persönliches Exemplar bekommen.



Was sich nicht alles in knapp 19 Jahren PCGH in den Ecken des Chefredakteursbüros finden lässt.

Gehäuse und Frank – die Symbiose schlechthin. Hier war Ali Abbas mit seiner Kreation zu Gast.

Für die Heft-Teaser legen wir uns immer richtig ins Zeug. Da muss Stephan auch mal aggressiv werden.

Redaktionssitzung, um das Komplettrechner-Line-up von PCGH zu besprechen. Was soll rein?

Auf der Gamescom 2018 war ein Spiel in aller Munde: Cyberpunk 2077.

Raff hat in Counter-Strike einen Bäckerladen bekommen. Danke Valve, auch wenn Raff skeptisch bleibt.

Manu bastelt gerne und hat für Latenzmessungen an Monitoren ein Messgerät zusammengelötet.

Robotikstrahlung kann effektiv nur mit Aluminium-Hüten abgeschirmt werden. PCGH Mystery ermittelt.

Spiele & Software

Frank Stöwer
Fachbereich
Eingabegeräte/Spiele
E-Mail: fs@pcgh.de

Kommentar

Ist der E-Sport echter Sport? Ich sage ja!

Ende November 2018 sorgte der hessische Innenminister Peter Beuth bei einer Rede anlässlich des Darmstädter Turn- und Sportkongresses 2018 für mächtig Aufregung. Zu seiner persönlichen Meinung zum E-Sport befragt, äußerte er sich sehr kritisch und meinte, dass E-Sport „nichts mit Sport zu tun" habe und man diesen Begriff „ausradieren" müsse. Einerseits finde ich, dass sich der Herrr Minister mit dem negativ konnotierten Wort „ausradieren" einen dicken stilistischen Patzer geleistet hat. Andererseits bin ich der Meinung, dass der Begriff E-Sports für das professionelle und kompetitive Spielen am Computer berechtigt ist, denn es handelt sich um eine Tätigkeit, die der von Profi-Sportlern nahekommt. Okay, die Bewegung bleibt beim Spielen mit Maus und Tastatur weitestgehend auf der Strecke, dafür sind Konzentration, Taktik, Teamdenken sowie die absolute Beherrschung der Eingabegeräte gefordert und werden auf höchstem Niveau praktiziert. Dafür muss der E-Sportler genauso trainieren wie ein professioneller Sportsmann. Warum sich Herr Beuth an dem Begriff stört, verstehe ich nicht, und das Argument, dass die Jugendlichen lieber „regulären" Sport im Verein treiben sollten, klingt für mich alles andere als überzeugend.

Steam-Topseller-CHARTS*

Platz	Titel	Hersteller
1.	**Stellaris: MegaCorp**	**Paradox Interact.**
2.	**Just Cause 4**	**Square Enix**
3.	**PUBG**	**PUBG Corporation**
4.	Artifact	Valve Cooperation
5.	X4: Foundations	Egosoft
6.	Mutant Year Zero: Road to Eden	Funcom
7.	Monster Hunter: World	Capcom
8.	Landwirtschafts-Simulator 19	Focus Home Interact.
9.	Assassin's Creed Odyssey	Ubisoft
10.	Northgard	Shiro Games

* Quelle: Steam – Meistverkaufte Spiele in der KW 49 (Stand 9.12.2018)

Mutant Year Zero: Road to Eden

Entwickler Bearded Ladies mischt Taktik mit Echtzeit, spendiert dem Ganzen außergewöhliche Charaktere – fertig ist unser Spiele-Geheimtipp.

Man nehme eine Handvoll XCOM 2, gebe dazu einen Schuss klassisches Rollenspiel und garniere das Ganze mit einem ausgefallenen postapokalyptischen Szenario – fertig ist die sehr unterhaltsame Gameplay-Grundmischung für Mutant Year Zero: Road to Eden. Bei der gelungenen Mixtur aus Echtzeit und Runden-Taktik suchen Sie mit einem Team, das aus der Ente Dux und dem Eber Bormin besteht, nach einem als Stalker bezeichneten Mutanten. Im Verlauf der Handlung treffen Sie auf weitere interessante Charaktere, die sich Ihrer Gruppe anschließen können. Dabei verfügt jeder Kämpfer über spezielle Fähigkeiten und Eigenschaften. Erfolgreiche Kämpfe bringen Erfahrungspunkte, welche Ihre Kombattanten in der Stufe aufsteigen lassen. Damit verdienen Sie sich Skillpunkte, die Sie in individuelle Talentbäume investieren können.

Das Besondere an Mutant Year Zero ist die Mischung aus Echtzeit-Erkundung und Rundentaktik-Kämpfen. In den zahlreichen Gebieten des Spiels bewegen Sie Ihren Trupp wie in einem Rollenspiel durch die Landschaft, sammeln Rohstoffe oder erkunden Objekte. Sobald Sie auf Gegner treffen und der Kampf startet, läuft das Spiel wie in XCOM ab – Kenner des Rundentaktik-Genres fühlen sich gleich zu Hause. Die Kämpfe sind insgesamt fordernd, wer sich dabei gedulden kann und das mit Echtzeit-Runden-Taktik-Mix verbundene Stealth-System ausnutzt, wird belohnt. Insgesamt lernen Sie in rund 20 Stunden Spielzeit interessante Spielfiguren kennen und dürfen mithilfe von Epics Unreal Engine 4 die hübsche, sehr detailliert gerenderte Spielwelt, ihr Pixelpersonal sowie die zerstörbare Umgebung bestaunen. Dabei liefert die gute Präsentation alle wichtigen Informationen. Natürlich haben wir auch Schwachstellen bei dem Genre-Mix entdeckt. Einerseits sind die Sichtlinien unlogisch, andererseits fällt der Wiederspielwert gering aus. Außerdem hätten wir uns eine deutsche Sprachausgabe gewünscht. *(fs)*

Mutant Year Zero: Road to Eden

FAZIT: Das Runden-Taktik-Gameplay des Genre-Mix funktioniert hervorragend. Das Zusammenspiel mit der Echtzeit-Erkundung ist eine geniale Idee, vor allem, weil heimliches Vorgehen dadurch belohnt wird. Dazu kommen das coole Szenario und die sehr detaillierte Optik, die das Spiel zum Geheimtipp machen.

Genre: **Rundentaktik/Rollenspiel** | Web: **www.mutant-yearzero.com** | Technik: **Unreal Engine 4 (DX 11) mit physikbasiertem Renderer** | Empfohlener PC: **Core i5-8600/ Ryzen 7 2700, GTX 1070, RX Vega 56, 16 GiB RAM**

WERTUNG **1,75**

PCGH im ABO

Jetzt tollen Spiele-Key sichern!

1-Jahres-Abo PCGH-DVD
67,– €
12 × PCGH + Prämie

» **Jetzt Abo online bestellen unter:** www.pcgh.de/1-jahres-abo

2-Jahres-Abo PCGH-DVD
134,– €
24 × PCGH + Prämie

» **Jetzt Abo online bestellen unter:** www.pcgh.de/2-jahres-abo

GAMESPLANET.COM

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

Bild: EyeWire

Community

Leserbriefe

Außer über unsere Website www.pcgh.de und unser Forum www.pcghx.de können Sie selbstverständlich auch per E-Mail an leserpost@pcgameshardware.de mit uns Kontakt aufnehmen.

Raytracing und nicht sichtbare Objekte

Ich habe eine Frage zur neuen Raytracing-Technik der Nvidia-RTX-Grafikkarten: Laut meinem Kenntnisstand werden bei klassischem Echtzeit-Rendering Flächen und Kanten von Polygonen, die für den Betrachter unsichtbar sind, gar nicht erst dargestellt, um unnötigen Rechenaufwand zu sparen.

Wie ist das nun bei Echtzeit-Raytracing? Spiegelnde Flächen könnten dem Betrachter doch auch den Einblick auf die Rückseite von Objekten ermöglichen? Würde dieser „Fake" dann nicht gleich auffliegen? Ist das Problem bereits bekannt? Wenn ja, wie gehen die Grafik-Engines damit um?

Dirk A., per E-Mail

Philipp Reuther: *Die Frage kann ich nicht definitiv beantworten, aber im Prinzip haben Sie recht. Bei der Rasterization spielen nur die sichtbaren Flächen eine Rolle. Die restlichen, also hinter dieser Fläche befindlichen und generell nicht sichtbaren Elemente (zum Beispiel hinter Ihrer Spielfigur beziehungsweise der Kamera) können mittels Cullings (am ehesten übersetzbar mit „Auslese", „Selektive Filterung") entfernt und ignoriert werden – das ist allerdings in der Praxis oft nicht ganz so effizient, wie es hier klingt. Das Culling ist häufig ein wenig kompromittiert. Beim Ray- und Pathtracing (eine ähnliche, etwas simplifizierte Technik) spielt indes die komplette Szene eine Rolle, die Strahlen können auch verdeckte Elemente und Rückseiten von Objekten treffen und von diesen beeinflusst werden (z. B. Spiegelung, globale Beleuchtung, Schatten etc.). Es wird also auch die gesamte Szene in die Berechnung einbezogen – neben der komplizierten Strahlenberechnung ein Grund dafür, warum Raytracing so viel Leistung benötigt.*

Eventuell könnte bei Direct-X-Raytracing (DXR) trotzdem Culling genutzt werden. Getroffene Elemente, die zuvor mittels Culling aus der Renderpipeline entfernt wurden, müssten dann aber in irgendeiner Form wiederhergestellt beziehungsweise erneut aus einem Speicherpuffer geladen werden, was höchstwahrscheinlich mit Leistungs- und Bandbreitenproblemen und eventuell Latenz einhergehen würde. Wie genau das in Battlefield 5, dem aktuell einzigen Spiel mit DXR funktioniert, kann ich nicht sagen. Aber es scheint klar, dass beim dortigen Raytracing auch Objekte und Flächen berücksichtigt werden, die Sie bei „normaler" Rasterization nicht zu Gesicht bekommen. Ich würde daraus folgende Möglichkeiten schlussfolgern: Mit aktiviertem Raytracing wird entweder weniger Culling genutzt, um auch Objekte in Spiegelungen darzustellen, die normalerweise zuvor aus der Renderpipeline entfernt wurden, oder diese Objekte werden auf irgendeine Weise zuvor im Speicher gepuffert und bei Bedarf wiederhergestellt.

Die dritte Möglichkeit wäre, dass in Battlefield 5 generell weniger Culling betrieben wird, die umliegenden, eigentlich verdeckten Elemente also auch mit „normaler" Rasterization berechnet werden, wenn sie nicht sichtbar oder von Belang sind. Alle drei Möglichkeiten würden Leistung kosten. Letztere halte ich jedoch aufgrund des Umstands, dass alle Hardware-Konstellationen (zumindest bei der PC-Version) betroffen wären, für mit Abstand die ineffizienteste. Denn das würde die generellen Anforderungen an Grafikkarte, Speicher und CPU steigern. Zwar würde der Performance-Einschlag von DXR gegenüber regulärer Rasterization nicht so dramatisch wirken, weil eben ein Teil der für Raytracing nötigen Berechnungen einfach generell miterledigt werden würde (was eventuell PR-technisch nützlich wäre), jedoch würde BF 5 auf jedem PC – also auch ohne Raytracing-Hardware – wahrscheinlich deutlich schlechter laufen. Den letzten Punkt halte ich daher für recht unwahrscheinlich. Auch wenn die Streaming-Engine von Battlefield 5 eventuell all diese Elemente um den Spieler herum lädt, müssten aus Effizienzgründen eigentlich viele der nicht auf dem Bildschirm sichtbaren Elemente vor dem Rendern gecullt werden. Im Grunde müssten mit DXR daher die Hardware-Anforderungen steigen, auch wenn man das eigentliche Raytracing außer Acht lässt und noch bevor der erste Ray verschossen wird.

Das ist die beste Antwort, die ich Ihnen ohne einen tiefen Einblick in die Herangehensweisen von DICE und Nvidia geben kann. Da Raytracing ein gewichtiges Thema bleiben oder zumindest irgendwann sein wird, werden sich diese Fragen wohl in Zukunft besser beantworten lassen.

Eisbaer 360 mit neuen Lüftern

Mit großem Interesse habe ich euren Test von All-in-one-Wasserkühlungen in der Ausgabe 11/2018 gelesen und nach einigem Überlegen die Alphacool Eisbaer 360 (nicht die LT) gekauft.

Aufgrund eurer Kritik an den Lüftern hatte ich bereits nach Alternativen Ausschau gehalten. Umso überraschter war ich, als ich einen Sticker auf der Verpackung sah, auf dem „New Silent Fan" steht, und noch größer war die Überraschung, als ich in der Verpackung drei Be-Quiet-Pure-Wings-2-Lüfter fand. Ich bin gespannt, wie die sich auf dem Radiator machen, sobald der Rest der Hardware bei mir eingetroffen ist. Ich denke, die Pure Wings 2 sollten aber besser abschneiden als die alten Alphacool-Lüfter.

Patrick T., per E-Mail

Torsten Vogel: *Mir war zwar bekannt, dass Alphacool die Pure Wings 2 auch unter eigenem Namen vertreibt, über einen Einsatz auf Eisbaer-Modellen wurde ich aber bislang nicht informiert. Die Lüfter sind definitiv ein Fortschritt, wie wir bereits beim Test der Be Quiet Silent Loop mit dem gleichen Radiator, einer ähnlichen Pumpe und natürlich den Pure Wings 2 festgestellt haben. Falls Alphacool die Maximaldrehzahl wie Be Quiet bei der Silent Loop von 1.500 auf 2.000 U/min angehoben hat, würde ich ohne deutliche Drosselung dennoch nicht von einem „Silent Fan" sprechen.*

PC Games Hardware Online; wichtige Dienste und Partner

Alternate: Soll es eine neue Grafikkarte oder ein PCGH-PC sein? Besuchen Sie den größten IT-Händler in Deutschland! **www.pcgh.de/alternate**

Der PCGH-PC: Wenn Sie auf der Suche nach einem gut abgestimmten Rechner sind, kommen Sie um die PCGH-PCs kaum herum. **www.pcgh-pc.de**

- **Abos online bestellen:** www.pcgh.de/shop
- **PCGH als Digitalausgabe:** pcgh.de/digital-ausgabe
- **Einzelheft bestellen:** www.pcgh.de/heft

Die Leserbriefe geben nicht die Meinung der Redaktion wieder. Die Redaktion behält sich außerdem vor, Leserbriefe zu kürzen.

Rossis Restekiste

Chinakracher

Diese Konsole erinnert nicht zufällig sehr an den legendären Game Boy. Allerdings ist sie nicht alt, sondern brandneu und unterscheidet sich auch sonst vom Original. Man kann keine Spiele laden – aber 129 sind bereits integriert. Für fast alle kann Englisch als Sprache gewählt werden. Die Bild- und Tonqualität ist, wie man es erwartet, und kann freundlich mit „retro" umschrieben werden. Ein ideales Geschenk, nicht nur für Kinder. Zumal der Preis von 11,45 Euro (inklusive Versand nach Deutschland) keine großen Löcher ins Budget reißen dürfte.

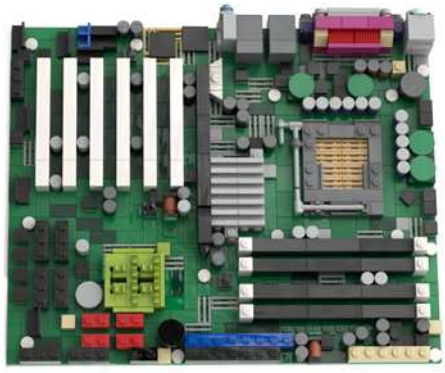
https://de.aliexpress.com

Worte des Monats

„Angesichts rückläufiger Flächenbuchungen für die Cebit 2019 bereinigt die Deutsche Messe ihr Veranstaltungsportfolio."

Pressemitteilung der Deutschen Messe AG am 28.11.2018 zur Einstellung der Cebit – sie fand als eine der einst weltgrößten IT-Messen seit 1986 jährlich auf dem Messegelände Hannover statt.

Bild des Monats



Reddit-Nutzer „refugeeinaudacity" konstruierte mithilfe des Programms Lego Digital Designer ein Mainboard aus Lego-Bausteinen. Vorlage war die Industrie-Hauptplatine IMBA-945G für Sockel-775-Prozessoren.

Quelle: https://i.redd.it/361nhktuml021.jpg bzw. https://www.reddit.com/user/refugeeinaudacity

ANZEIGE

Top-Videos

Exklusiv auf der aktuellen Heft-DVD

Jetzt anschauen

Battlefield 5 mit langsamer Hardware

Wir testen den neuen Shooter mit den angegebenen Minimalanforderungen.

PC Games Hardware – das IT-Magazin für Gamer

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

Projekt-PCs: Einsteiger

In jeder Ausgabe stellt PC Games Hardware zwei Beispielkonfigurationen zusammen, an denen Sie sich orientieren können, um einen eigenen PC zu bauen.

Wer sich zurzeit einen PC im Einsteigerbereich zusammenstellen möchte, kommt fast nicht um AMDs Ryzen-Prozessoren herum. Aufgrund von Lieferengpässen sind Intels Coffee-Lake-S-Modelle vergleichsweise teuer, sodass der kleinste „blaue" Sechskerner, der Core i5-8400, über 200 Euro kostet. Die Core i3 mit vier Rechenherzen und der ohne SMT (vier Threads) sind im Jahre 2019 nur noch bedingt empfehlenswert. Bei AMD bekommen Sie den Ryzen 5 2600 für rund 160 Euro. Wenn Sie nicht übertakten wollen, stellt die CPU einen guten Kompromiss aus Takt, Kernen und Preis dar. Aus der Vorgängergeneration ist der Ryzen 7 1700 mit acht Kernen für 165 Euro regelrecht ein Schnäppchen. Bei einem All-Core-Boost von 3,2 GHz wird eine Übertaktung für eine gute Spieleleistung allerdings fast schon zur Pflicht. Wir haben zwei Konfigurationen erstellt, die sowohl Übertakter als auch Nicht-Übertakter berücksichtigen. *(mm)*

Nicht-Übertakter

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis
Prozessor	AMD Ryzen 5 2600	€ 160,-
CPU-Kühler	Arctic Freezer 33	€ 25,-
Grafikkarte (AMD)	Sapphire Radeon RX 570/8G Nitro+	€ 170,-
Grafikkarte (Nvidia)	Gigabyte Geforce GTX 1050 Ti D5 4G	€ 145,-
Mainboard	Asrock B450M Pro4	€ 80,-
Arbeitsspeicher	G.Skill Aegis, 2 × 8 GiB, DDR4-3000	€ 110,-
SSD	Crucial MX500 500 GB	€ 70,-
Netzteil	Seasonic Focus Gold 450 W	€ 65,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 680,-**

Ryzen 5 2600
AMDs kleinste Pinnacle-Ridge-CPU ist in Spielen ab Werk schneller als der rechts angesprochene Ryzen 7 1700. Verantwortlich ist der höhere Basistakt von 3,6 GHz und das verbesserte Boost-Verhalten auf allen Kernen. Im Lieferumfang ist ein kleiner CPU-Kühler enthalten, den Silent-Liebhaber besser austauschen sollten.

Grafikkarte
In dieser Preisklasse raten wir zur Radeon RX 570 mit 8 GiB Speicher. Die Grafikkarte ist ein gutes Stück schneller als die Geforce GTX 1050 Ti mit halb so viel RAM. Wenn Sie eine Nvidia-GPU nutzen möchten, bietet sich der Griff in die nächsthöhere Klasse in Form der Geforce GTX 1060/6G an. Die 3-GiB-Version ist nicht mehr zukunftssicher.

Alternative Komponenten

- **B450-Mainboard mit ALC1220- statt ALC892-Soundchip (alternativ eine zusätzliche Soundkarte/externen DAC für besseren Ton**
- **Geforce GTX 1060/6G**

Übertakter

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis
Prozessor	AMD Ryzen 7 1700	€ 165,-
CPU-Kühler	EKL Alpenföhn Brocken 3	€ 45,-
Grafikkarte (AMD)	Sapphire Radeon RX 570/8G Nitro+	€ 170,-
Grafikkarte (Nvidia)	Gigabyte Geforce GTX 1050 Ti D5 4G	€ 145,-
Mainboard	Asus Prime X370-Pro	€ 110,-
Arbeitsspeicher	G.Skill Aegis, 2 × 8 GiB, DDR4-3000	€ 110,-
SSD	Crucial MX500 500 GB	€ 70,-
Netzteil	Seasonic Focus Plus Gold 550 W	€ 80,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 750,-**

Ryzen 7 1700
Wie schon angesprochen, müssen Käufer eines Ryzen 7 1700 damit rechnen, dass das Modell im CPU-Limit weniger Fps auf den Bildschirm bringt als ein höher getakteter Sechskerner. OC ist deshalb mehr oder weniger Pflicht. Im Lieferumfang ist ein passabler Wraith-Spire-Kühler enthalten, der allerdings nur wenig Spielraum für OC hat.

Asus Prime X370-Pro
Im Abverkauf der alten AM4-Mainboards gibt es das eine oder andere Schnäppchen. Die Asus-Platine ist gut ausgestattet und weist eine solide Spannungswandlung auf – perfekt zum Übertakten. Wer eine ausgereiftere Plattform nutzen möchte, kann zu einem B450-Modell wie das MSI Gaming Pro Carbon greifen.

Alternative Komponenten

- **B450- oder X470-Mainboard**
- **Geforce GTX 1060/6G**

LINUX MAGAZIN

ODER

SICHERN SIE SICH JETZT IHR GESCHENK!

Ubuntu Spezial oder LinuxUser Spezial im Wert von 12,80 €

Nur für kurze Zeit!

33 % Rabatt

TESTEN SIE
3 AUSGABEN FÜR 17,90 €

OHNE DVD 13,90 €

ABO-VORTEILE

- Günstiger als am Kiosk
- Versandkostenfrei bequem per Post
- Pünktlich und aktuell
- Keine Ausgabe verpassen

Telefon: 0911 / 9939 90 98
Fax: 01805 / 861 80 02
E-Mail: computec@dpv.de

Einfach bequem online bestellen: shop.linux-magazin.de

Einkaufsführer

Pascal geht, Turing bessert sich

Nvidias Pascal-Grafikkarten in der Ober- und High-End-Klasse verschwinden vom Markt. Das betraf zunächst die Geforce GTX 1080 Ti und GTX 1080. Inzwischen steigen aber auch die Preise der 1070-Ti-Modelle, sodass die Geforce RTX 2070 als sinnvollerer Kauf erscheint. AMD ist derweil vor allem in der Mittelklasse gut aufgestellt.

Turing nimmt eine besondere Rolle im Handel ein. Normalerweise gibt Nvidia „harte Cuts“ vor, was den Verkauf von alten Grafikkarten angeht, sobald eine neue Generation erscheint. Die auslaufenden Modelle werden für einige Wochen zu reduzierten Preisen verkauft und verschwinden daraufhin zügig vom Markt. 2018 überschätzten sowohl Nvidia als auch AMD jedoch den Mining-Boom und sorgten somit für zu große Inventare im Zwischenhandel. Nvidia ließ deshalb bisher nur die Geforce GTX 1080 Ti sowie GTX 1080 auslaufen und positioniert Turing ausschließlich in der Oberklasse beziehungsweise im High-End-Segment – darunter läuft Pascal weiter.

Gut drei Monate nach der initialen Turing-Veröffentlichung macht nun auch die Geforce GTX 1070 Ti Platz für den Nachfolger. Zum Herbstende hin kosteten einige Custom-Designs weniger als 400 Euro, inzwischen sind wir bei 450 Euro und mehr angelangt. Gleichzeitig sind die ersten Custom-Designs der Geforce RTX 2070 unter die 500-Euro-Marke gesunken. Im PCGH-Index ist die Turing-Grafikkarte gemittelt über 20 Prozent schneller, obendrein ist die Raytracing-Funktionalität samt der Tensor-Kerne dabei. Die kleineren Pascal-GPUs zeigen sich derweil unbeeindruckt. Die Geforce GTX 1070 war zum Redaktionsschluss für unter 350 Euro erhältlich.

Bei AMD sind weiterhin die Preise der Mittelklasse attraktiv. Die günstigsten Modelle der Radeon RX 570/4G kosten keine 150 Euro mehr. 8-GiByte-Varianten gibt es ab 170 Euro – in dem Bereich bietet Nvidia nur die Geforce GTX 1050 Ti/4G und die GTX 1060/3G an, deren Speicherkapazitäten im Jahre 2019 durchaus knapp anmuten. Vega ist vereinzelt für unter 400 Euro im Angebot und kann (!) damit eine Alternative darstellen. *(mm)*

Bild: Aldbox

Preisentwicklung Grafikkarten

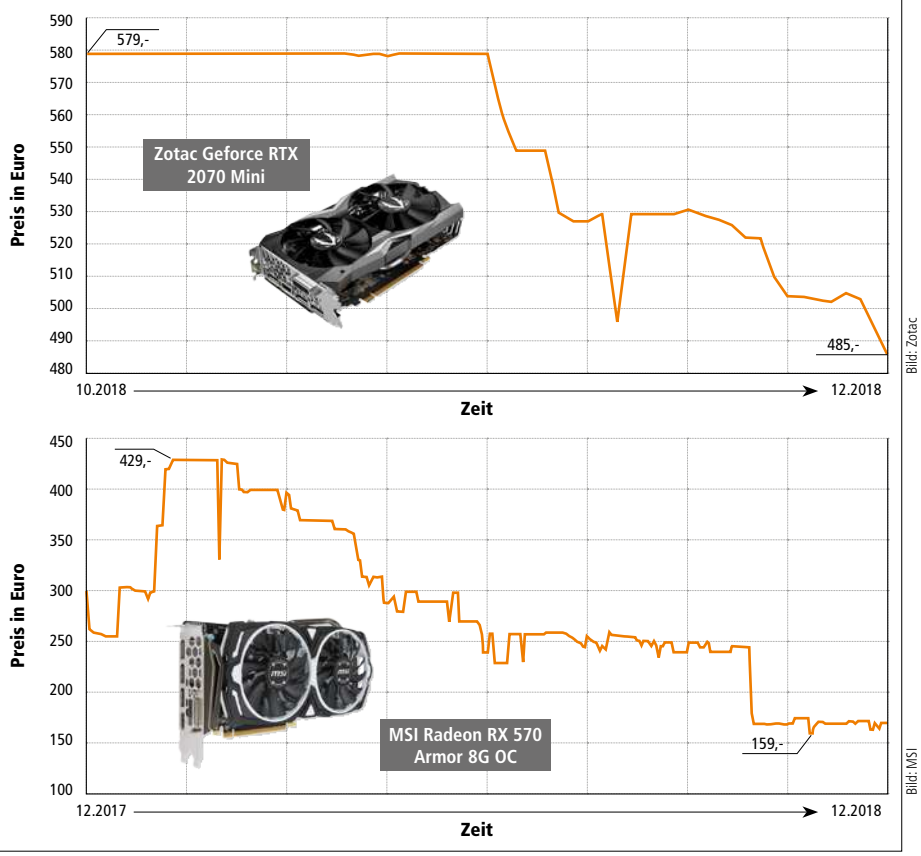


Bild: Zotac

Bild: MSI

4NETPLAYERS

● Game-Server ● Teamspeak-Server ●

JETZT 3 EURO RABATT SICHERN (CODE: 4NP-1337)
UND GLEICH DEINEN EIGENEN SERVER MIETEN!

WWW.4NETPLAYERS.DE

Ein Produkt der CMG Computec Media Group

Einkaufsführer Grafikkarten

Preise: Stand 13.12.2018

PC Games Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Games Hardware SPAR-TIPP

Noten auf Basis der aktuellen PCGH-Wertungsmethodik

Nvidia Geforce	Circa-Preis	Grafik-speicher	3D-Taktung (GPU-Boost/RAM eff.)	Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)	Länge/ (Slot-)Breite	Benötigte Stromstecker	Lautheit (2D/3D/Ernstfall)	Wertung	Test in PCGH	PCGH-Preisvergleich	
MSI RTX 2080 Ti Gaming X Trio	€ 1.400,-	11.264 MiB	1.800+/7.000 MHz	15/321/326 Watt	32,7/4,9 cm	2× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,6/1,6 Sone	1,59	01/2019	www.pcgh.de/preis/1870891	
Asus RTX 2080 Ti ROG Strix O11G	€ 1.400,-	11.264 MiB	1.740+/7.000 MHz	15/274/277 Watt	30,5/5,0 cm	2× 8-Pol	0,4/1,9/2,0 Sone	1,61	01/2019	www.pcgh.de/preis/1870857	
Gigabyte RTX 2080 Ti Gaming OC	€ 1.300,-	11.264 MiB	1.710+/7.000 MHz	13/267/269 Watt	28,7/4,4 cm	2× 8-Pol	0,0/1,8/1,8 Sone	1,63	01/2019	www.pcgh.de/preis/1870884	
Nvidia RTX 2080 Ti Founders Edition	€ 1.260,-	11.264 MiB	1.650+/7.000 MHz	15/263/267 Watt	26,8/3,5 cm	2× 8-Pol	0,8/2,4/2,4 Sone	1,68	01/2019	Exklusiv im Nvidia-Webshop	
Zotac RTX 2080 Ti AMP	€ 1.340,-	11.264 MiB	1.710+/7.000 MHz	15/272/274 Watt	30,9/4,5 cm	2× 8-Pol	0,8/3,0/3,1 Sone	1,69	01/2019	www.pcgh.de/preis/1870905	
Palit RTX 2080 Game Rock Premium	€ 800,-	8.192 MiB	1.875+/7.000 MHz	12/250/257 Watt	29,3/5,3 cm	2× 8-Pol	0,1/1,3/1,4 Sone	1,95	02/2019	www.pcgh.de/preis/1893405	NEU
Gainward RTX 2080 Phantom GLH	€ 820,-	8.192 MiB	1.875+/7.000 MHz	12/252/259 Watt	29,3/5,2 cm	2× 8-Pol	0,1/1,6/1,6 Sone	1,96	02/2019	www.pcgh.de/preis/1893531	NEU
Asus RTX 2080 ROG Strix O8G	€ 890,-	8.192 MiB	1.890+/7.000 MHz	11/255/262 Watt	30,0/4,9 cm	2× 8-Pol	0,1/2,1/2,2 Sone	1,97	02/2019	www.pcgh.de/preis/1870864	NEU
Gigabyte RTX 2080 Gaming OC	€ 800,-	8.192 MiB	1.815+/7.000 MHz	12/220/227 Watt	28,7/4,4 cm	2× 8-Pol	0,0/1,1/1,1 Sone	1,97	02/2019	www.pcgh.de/preis/1870888	NEU
MSI RTX 2080 Duke 8G OC	€ 810,-	8.192 MiB	1.860+/7.000 MHz	12/257/263 Watt	31,4/3,8 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,8/1,9 Sone	1,98	02/2019	www.pcgh.de/preis/1870893	NEU
Asus RTX 2080 Dual O8G	€ 770,-	8.192 MiB	1.785+/7.000 MHz	11/225/226 Watt	26,8/5,3 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,5/1,6 Sone	1,99	02/2019	www.pcgh.de/preis/1870868	NEU
Zotac RTX 2080 AMP	€ 800,-	8.192 MiB	1.830+/7.000 MHz	12/229/235 Watt	30,9/4,7 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,4/2,2/2,2 Sone	2,00	02/2019	www.pcgh.de/preis/1870908	NEU
Palit RTX 2080 Gaming Pro OC	€ 730,-	8.192 MiB	1.815+/7.000 MHz	11/234/238 Watt	29,4/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,1/2,5/2,5 Sone	2,02	02/2019	www.pcgh.de/preis/1870899	NEU
Nvidia RTX 2080 Founders Edition	€ 850,-	8.192 MiB	1.750+/7.000 MHz	12/224/225 Watt	26,8/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,8/1,9/1,9 Sone	2,04	02/2019	Exklusiv im Nvidia-Webshop	NEU
Asus RTX 2080 Turbo 8G	€ 730,-	8.192 MiB	1.665+/7.000 MHz	11/211/212 Watt	26,8/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,6/3,0/3,0 Sone	2,16	02/2019	www.pcgh.de/preis/1870867	NEU
Asus GTX 1070 Ti Strix Advanced	€ 570,-	8.192 MiB	1.797+/4.007 MHz	8/171/180 Watt	30,0/4,6 cm	1× 8-Pol	0,0/0,8/0,9 Sone	2,37	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717551	
Palit GTX 1070 Ti Super Jetstream	€ 500,-	8.192 MiB	1.949+/4.007 MHz	10/230/230 Watt	28,5/5,2 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,6/1,6 Sone	2,40	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717576	
MSI GTX 1070 Ti Gaming 8G	€ 500,-	8.192 MiB	1.721+/4.007 MHz	12/183/185 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,0/1,0 Sone	2,42	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717555	
Zotac GTX 1070 AMP! Extreme	€ 500,-	8.192 MiB	1.987+/4.104 MHz	12/219/253 Watt	31,1/5,0 cm	2× 8-Pol	0,0/1,6/1,9 Sone	2,43	09/2016	www.pcgh.de/preis/1456755	
Zotac GTX 1070 Ti AMP! Extreme	€ 760,-	8.192 MiB	1.987+/4.104 MHz	16/246/248 Watt	31,1/5,0 cm	2× 8-Pol	1,3/2,8/2,8 Sone	2,46	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717563	
Asus GTX 1070 Strix O8G	€ 400,-	8.192 MiB	1.911+/4.007 MHz	8/166/167 Watt	29,9/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/1,8/1,8 Sone	2,47	08/2016	www.pcgh.de/preis/1450613	
MSI GTX 1070 Gaming X 8G	€ 430,-	8.192 MiB	1.924+/4.007 MHz	11/208/208 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,4/1,4 Sone	2,48	08/2016	www.pcgh.de/preis/1456552	
Gigabyte GTX 1070 Mini ITX OC	€ 430,-	8.192 MiB	1.734+/4.007 MHz	14/153/154 Watt	17,2/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,0/2,0 Sone	2,53	08/2018	www.pcgh.de/preis/1469089	
Asus GTX 1060 Strix O6G	€ 340,-	6.144 MiB	1.987+/4.104 MHz	8/145/145 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,4/2,4 Sone	2,73	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478721	
MSI GTX 1060 Gaming X 6G	€ 300,-	6.144 MiB	1.949+/4.007 MHz	8/146/146 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/0,7/0,7 Sone	2,74	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478791	
Zotac GTX 1060 AMP!	€ 260,-	6.144 MiB	1.848+/4.007 MHz	9/121/123 Watt	21,1/3,4 cm	1× 8-Pol	0,0/1,0/1,0 Sone	2,77	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478147	Hardware
Palit GTX 1060 Super Jetstream	€ 300,-	6.144 MiB	1.860+/4.007 MHz	6/123/125 Watt	24,8/4,8 cm	1× 6-Pol	0,0/1,3/1,3 Sone	2,81	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478641	
EVGA GTX 1060 SC Gaming	€ 280,-	6.144 MiB	1.898+/4.007 MHz	6/122/125 Watt	18,2/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/2,5/2,5 Sone	2,85	10/2016	www.pcgh.de/preis/1479077	
MSI GTX 1050 Ti Gaming X 4G	€ 190,-	4.096 MiB	1.734+/3.504 MHz	6/75/76 Watt	22,9/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/0,3/0,3 Sone	3,11	01/2017	www.pcgh.de/preis/1524111	
EVGA GTX 1050 Ti SC Gaming	€ 170,-	4.096 MiB	1.557+/3.504 MHz	6/56/59 Watt	15,2/3,5 cm	-	0,2/0,4/0,4 Sone	3,14	01/2017	www.pcgh.de/preis/1525248	
AMD Radeon	**Circa-Preis**	**Grafik-speicher**	**3D-Taktung (GPU-Boost/RAM eff.)**	**Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)**	**Länge/ (Slot-)Breite**	**Benötigte Stromstecker**	**Lautheit (2D/3D/Ernstfall)**	**Wertung**	**Test in PCGH**	**PCGH-Preisvergleich**	
AMD RX Vega 64 Liquid (LCE) *	-	8.192 MiB	1.520+/945 MHz	19/355/357 Watt	27,2/3,5 cm	2× 8-Pol	0,3/1,8/1,9 Sone	2,40	12/2017	Nur sporadisch lieferbar	
Sapphire RX Vega 64 Nitro+ Ltd. Ed.	-	8.192 MiB	1.460+/945 MHz	18/326/326 Watt	31,0/4,8 cm	3× 8-Pol	0,0/2,8/2,8 Sone	2,41	03/2018	Nicht mehr lieferbar	
Asus RX Vega 64 Strix O8G	€ 460,-	8.192 MiB	1.430+/945 MHz	12/318/318 Watt	30,0/4,7 cm	2× 8-Pol	0,0/2,2/2,2 Sone	2,42	03/2018	www.pcgh.de/preis/1664657	
Powercolor RX Vega 64 Red Devil	€ 570,-	8.192 MiB	1.430+/945 MHz	14/328/328 Watt	30,3/5,3 cm	2× 8-Pol	0,0/4,8/4,8 Sone	2,48	03/2018	www.pcgh.de/preis/1735120	
Asus RX Vega 56 Strix O8G	€ 440,-	8.192 MiB	1.430+/800 MHz	11/311/313 Watt	30,0/4,7 cm	2× 8-Pol	0,0/2,0/2,0 Sone	2,49	03/2018	www.pcgh.de/preis/1742116	
AMD RX Vega 64 (Air) *	-	8.192 MiB	1.370+/945 MHz	15/289/290 Watt	26,7/3,5 cm	2× 8-Pol	0,2/4,9/4,9 Sone	2,54	10/2017	Nicht mehr lieferbar	
Powercolor RX Vega 56 Red Devil	€ 480,-	8.192 MiB	1.480+/800 MHz	15/329/329 Watt	30,3/5,3 cm	2× 8-Pol	0,0/4,6/4,6 Sone	2,54	03/2018	www.pcgh.de/preis/1735174	
Powercolor RX Vega 56 Nano Ed.	€ 470,-	8.192 MiB	1.240+/800 MHz	13/219/220 Watt	16,8/3,6 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,5/3,1/3,1 Sone	2,62	08/2018	Nicht mehr lieferbar	
AMD RX Vega 56 *	-	8.192 MiB	1.250+/800 MHz	15/216/218 Watt	26,7/3,5 cm	2× 8-Pol	0,2/4,9/4,9 Sone	2,64	10/2017	Nicht mehr lieferbar	
Sapphire RX 590 Nitro+ Special Ed.	€ 290,-	8.192 MiB	1.510+/4.200 MHz	16/229/244 Watt	26,1/3,8 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,6/2,5 Sone	2,77	01/2019	www.pcgh.de/preis/1926421	
Powercolor RX 580 Red Devil GS	€ 290,-	8.192 MiB	1.420+/4.000 MHz	13/240/246 Watt	24,2/5,1 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,9/2,5 Sone	2,84	07/2017	www.pcgh.de/preis/1609947	
Powercolor RX 590 Red Devil	€ 280,-	8.192 MiB	1.520+/4.000 MHz	13/216/227 Watt	24,2/5,1 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,4/3,9/4,6 Sone	2,86	01/2019	www.pcgh.de/preis/1926503	
Asus RX 580 Strix TOP (T8G)	€ 330,-	8.192 MiB	1.405+/4.000 MHz	14/222/226 Watt	30,0/4,5 cm	1× 8-Pol	0,0/3,5/3,5 Sone	2,87	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610032	
XFX RX 590 Fatboy	€ 250,-	8.192 MiB	1.550+/4.000 MHz	13/238/243 Watt	26,8/4,4 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/8,3/8,3 Sone	2,88	01/2019	www.pcgh.de/preis/1926985	Hardware
MSI RX 580 Armor 8G OC	€ 220,-	8.192 MiB	1.320+/4.000 MHz	16/189/195 Watt	26,7/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/3,2/3,2 Sone	2,89	09/2018	www.pcgh.de/preis/1609967	
Sapphire RX 570 Nitro+ 8GD5	€ 170,-	8.192 MiB	1.320+/3.500 MHz	15/202/221 Watt	26,0/3,8 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,0/1,7 Sone	2,90	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610158	Hardware
Asrock RX 580 Phantom Gaming X	€ 310,-	8.192 MiB	1.280+/4.000 MHz	13/191/191 Watt	26,7/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/5,6/5,6 Sone	2,95	09/2018	www.pcgh.de/preis/1839190	
Asus RX 580 Dual O4G	€ 200,-	4.096 MiB	1.260+/3.500 MHz	14/181/185 Watt	24,1/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/4,1/4,1 Sone	2,99	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610054	
Powercolor RX 570 Red Devil	€ 200,-	4.096 MiB	1.320/3.500 MHz	13/225/260 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,7/5,2 Sone	3,06	07/2017	www.pcgh.de/preis/1609990	
Sapphire RX 570 Pulse ITX	€ 250,-	4.096 MiB	1.130+/3.500 MHz	13/144/147 Watt	17,0/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/0,9/1,2 Sone	3,07	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610160	

Sapphire: Sofern verfügbar, wurde die Full-Retail-Version getestet * Beliebige Referenzkarte, bis auf die Beigaben sind alle gleich.

Einkaufsführer Prozessoren & RAM

Preise: Stand 13.12.2018

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Prozessoren (Auswahl getesteter Modelle auf Basis des alten Parcours, neuer Parcours mit * gekennzeichnet)

AMD-Prozessoren	Preis	Leistung**	Stromverbr.***	Kerne	Grafik	Basis-Takt	Prozess	RAM (max.)	Sockel	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
AMD Ryzen TR 2990WX*	Ca. € 1.825,-	64,0 %/83,5 %	61/312/336/316	32c/64t	-	3,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2933	TR4	1,81	10/2018	www.pcgh.de/preis/1840353
AMD Ryzen TR 2970WX*	Ca. € 1.325,-	62,6 %/79,3 %	67/315/356/349	24c/48t	-	3,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2933	TR4	2,06	11/2018	www.pcgh.de/preis/1867623
AMD Ryzen TR 2950X*	Ca. € 890,-	76,2 %/87,7 %	46/327/332/336	16c/32t	-	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2933	TR4	1,62	10/2018	www.pcgh.de/preis/1867615
AMD Ryzen TR 2920X*	Ca. € 645,-	75,2 %/73,5 %	50/294/311/318	12c/24t	-	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2933	TR4	3,39	11/2018	www.pcgh.de/preis/1867624
AMD Ryzen 7 2700X*	Ca. € 320,-	77,4 %/52,1 %	30/268/326/286	8c/16t	-	3,7 GHz + Turbo	12 nm	DDR4-2933	AM4	2,23	06/2018	www.pcgh.de/preis/1804456
AMD Ryzen 7 2700*	Ca. € 260,-	72,6 %/45,6 %	29/222/258/219	8c/16t	-	3,2 GHz + Turbo	12 nm	DDR4-2933	AM4	2,33	07/2018	www.pcgh.de/preis/1937265
AMD Ryzen 5 2600X*	Ca. € 215,-	73,3 %/41,7 %	26/246/283/267	6c/12t	-	3,6 GHz + Turbo	12 nm	DDR4-2933	AM4	2,40	06/2018	www.pcgh.de/preis/1804460
PCGH Hardware AMD Ryzen 5 2600*	Ca. € 160,-	67,9 %/38,7 %	26/230/212/242	6c/12t	-	3,4 GHz + Turbo	12 nm	DDR4-2933	AM4	2,51	07/2018	www.pcgh.de/preis/1804462
AMD Ryzen 5 2400G*	Ca. € 140,-	55,1 %/26,5 %	25/199/226/229	4c/8t	RX Vega 11	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2933	AM4	2,90	05/2018	www.pcgh.de/preis/1758261
PCGH Hardware AMD Ryzen 3 2200G	Ca. € 95,-	59,4 %/30,4 %	29/242/223/121	4c/4t	RX Vega 8	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2933	AM4	2,69	05/2018	www.pcgh.de/preis/1758349
AMD Ryzen TR 1950X*	Ca. € 595,-	68,9 %/78,9 %	46/296/287/302	16c/32t	-	3,4 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	TR4	2,05	10/2017	www.pcgh.de/preis/1664849
AMD Ryzen TR 1920X*	Ca. € 410,-	70,4 %/69,3 %	57/282/290/288	12c/24t	-	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	TR4	2,19	10/2017	www.pcgh.de/preis/1825802
AMD Ryzen TR 1900X	Ca. € 285,-	73,4 %/67,8 %	51/344/289/238	8c/16t	-	3,8 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	TR4	2,24	11/2017	www.pcgh.de/preis/1681714
AMD Ryzen 7 1800X*	Ca. € 245,-	71,1 %/47,8 %	27/254/277/272	8c/16t	-	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,38	06/2017	www.pcgh.de/preis/1582191
AMD Ryzen 5 1500X	Ca. € 150,-	66,8 %/40,5 %	28/275/244/137	4c/8t	-	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,54	06/2017	www.pcgh.de/preis/1604878
AMD Athlon 200GE*	Ca. € 50,-	35,8 %/13,0 %	14/160/168/174	2c/4t	RX Vega 3	3,2 GHz	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,15	10/2018	www.pcgh.de/preis/1890461
Intel-Prozessoren	**Preis**	**Leistung****	**Stromverbr.*****	**Kerne**	**Grafik**	**Basis-Takt**	**Prozess**	**RAM (max.)**	**Sockel**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Intel Core i9-9900K*	Ca. € 595,-	100,0 %/57,0 %	17/297/352/371	8c/16t	UHD 630	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	1,72	12/2018	www.pcgh.de/preis/1870092
Intel Core i7-9700K*	Ca. € 430,-	93,2 %/44,1 %	16/266/321/356	8c/8t	UHD 630	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	2,00	12/2018	www.pcgh.de/preis/1870100
Intel Core i5-9600K*	Ca. € 270,-	83,9 %/37,9 %	16/259/278/306	6c/6t	UHD 630	3,7 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	2,20	12/2018	www.pcgh.de/preis/1870105
Intel Core i7-8086K	Ca. € 480,-	93,2 %/49,7 %	16/275/305/314	6c/12t	UHD 630	4,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	1,92	07/2018	www.pcgh.de/preis/1825802
Intel Core i7-8700K*	Ca. € 425,-	92,5 %/49,0 %	16/279/307/317	6c/12t	UHD 630	3,7 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	1,95	12/2017	www.pcgh.de/preis/1685281
PCGH Hardware Intel Core i5-8600K*	Ca. € 270,-	84,9 %/37,8 %	16/247/274/286	6c/6t	UHD 630	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	2,18	12/2017	www.pcgh.de/preis/1697344
Intel Core i5-8600*	Ca. € 270,-	83,8 %/37,7 %	16/228/277/274	6c/6t	UHD 630	3,1 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	2,18	05/2017	www.pcgh.de/preis/1795374
Intel Core i5-8500*	Ca. € 240,-	82,7 %/36,4 %	15/230/267/278	6c/6t	UHD 630	3,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	2,25	-****	www.pcgh.de/preis/1795399
Intel Core i5-8400	Ca. € 235,-	91,6 %/49,9 %	19/294/255/135	6c/6t	UHD 630	2,8 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	2,12	12/2017	www.pcgh.de/preis/1699930
Intel Core i3-8350K	Ca. € 185,-	76,7 %/38,5 %	17/261/242/113	4c/4t	UHD 630	4,0 GHz	14 nm	DDR4-2400	1151 v2	2,27	12/2017	www.pcgh.de/preis/1697354
PCGH Hardware Intel Core i3-8100	Ca. € 135,-	68,4 %/34,6 %	17/245/221/99	4c/4t	UHD 630	3,6 GHz	14 nm	DDR4-2400	1151 v2	2,63	02/2018	www.pcgh.de/preis/1699931
Intel Core i9-9980XE	Ca. € 2.000,-	90,6 %/100,0 %	44/298/384/404	18c/36t	-	3,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,43	01/2019	www.pcgh.de/preis/1638806
Intel Core i9-7980XE*	N/A	82,4 %/95,6 %	42/284/373/338	18c/36t	-	2,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	2,19	12/2017	www.pcgh.de/preis/1638806
Intel Core i9-7960X	Ca. € 1385,-	92,3 %/99,6 %	34/396/309/254	16c/32t	-	2,8 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,5	12/2017	www.pcgh.de/preis/1638801
Intel Core i9-7900X	N/A	91,6 %/86,1 %	31/396/294/231	10c/20t	-	3,3 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,64	08/2017	www.pcgh.de/preis/1632795
Intel Core i7-7820X*	Ca. € 660,-	80,1 %/56,4 %	41/261/319/328	8c/16t	-	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	2,14	09/2017	www.pcgh.de/preis/1632796
Intel Core i7-7800X	Ca. € 350,-	84,2 %/61,1 %	31/345/280/177	6c/12t	-	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	2066	2,04	09/2017	www.pcgh.de/preis/1632797
Intel Core i7-7740X	Ca. € 315,-	98,1 %/52,5 %	18/315/269/148	4c/8t	-	4,3 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,85	08/2017	www.pcgh.de/preis/1632798
Intel Core i7-7700K*	Ca. € 375,-	84,8 %/36,1 %	25/249/272/302	4c/8t	UHD 630	4,2 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	1151	2,27	02/2017	www.pcgh.de/preis/1551097
Intel Pentium G4560	Ca. € 65,-	51,8 %/21,4 %	19/210/201/99	2c/4t	HD 610	3,5 GHz	14 nm	DDR4-2400	1151	3,28	03/2017	www.pcgh.de/preis/1558362

** Normierte, gewichtete Leistung in Spielen/Anwendungen *** Gesamtes System in Watt (Leerlauf ohne Grafikkarte/Crysis 3/Ø Spiele/Ø Anwendungen) **** Nachgetestet ohne Heftartikel

Arbeitsspeicher

DDR3	Produktnummer	Preis	Speichertyp	Latenzen	Aufbau*	Höhe	Spannung	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
PCGH Hardware Kingston Hyper X Savage	HX321C11SRK2/16	Ca. € 140,-	2 × 8 GiByte DDR3-2133	11-12-12-30	Dual Rank	3,4 cm	1,60 Volt	2,47	06/2015	www.pcgh.de/preis/1160242
G.Skill Trident X	F3-2400C10D-16GTX	Ca. € 140,-	2 × 8 GiByte DDR3-2400	10-12-12-31	Dual Rank	5,4 cm	1,65 Volt	2,54	09/2013	www.pcgh.de/preis/764621
DDR4 (16 GiByte)	**Produktnummer**	**Preis**	**Speichertyp**	**Latenzen**	**Aufbau***	**Höhe**	**Spannung**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Corsair Vengeance LPX	CMK16GX4M2F4500C19	Ca. € 470,-	2 × 8 GiByte DDR4-4500	19-19-19-39	Single Rank	3,5 cm	1,45 Volt	1,76	07/2018	www.pcgh.de/preis/1703451
G.Skill Trident Z	F4-4000C19D-16GTZ	Ca. € 250,-	2 × 8 GiByte DDR4-4000	19-21-21-41	Single Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,14	07/2018	www.pcgh.de/preis/1540721
Corsair Vengeance RGB	CMR16GX4M2C360018W	Ca. € 250,-	2 × 8 GiByte DDR4-3600	18-19-19-39	Single Rank	5,0 cm	1,35 Volt	2,29	07/2018	www.pcgh.de/preis/1699762
G.Skill Trident Z RGB	F4-3200C14D-16GTZRX	Ca. € 260,-	2 × 8 GiByte DDR4-3200	14-14-14-34	Single Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,32	07/2018	www.pcgh.de/preis/1734617
NEU Teamgroup Xcalibur Regular Ed.	TF5D416G3600HC18EDC01	Ca. € 230,-	2 × 8 GiByte DDR4-3600	18-20-20-44	Single Rank	5,2 cm	1,35 Volt	2,35	02/2019	www.pcgh.de/preis/1868805
Patriot Viper RGB	PVR416G360C6K	Ca. € 220,-	2 × 8 GiByte DDR4-3600	16-18-18-36	Single Rank	4,7 cm	1,35 Volt	2,39	07/2018	www.pcgh.de/preis/1821752
Apacer Panther Rage RGB	EK.16GA1.GJNK2	N. verfügbar	2 × 8 GiByte DDR4-3200	16-18-18-38	Single Rank	4,5 cm	1,35 Volt	2,48	09/2018	www.pcgh.de/preis/1850809
PCGH Hardware Patriot Viper	PV416G320C6K	Ca. € 130,-	2 × 8 GiByte DDR4-3200	16-18-18-36	Dual Rank	4,1 cm	1,35 Volt	2,52	07/2018	www.pcgh.de/preis/1494230
NEU Hyper X Predator RGB	HX432C16PB3AK2/16	Ca. € 170,-	2 × 8 GiByte DDR4-3200	16-18-18-36	Single Rank	4,3 cm	1,35 Volt	2,58	02/2019	www.pcgh.de/preis/1871590
DDR4 (32 GiByte)	**Produktnummer**	**Preis**	**Speichertyp**	**Latenzen**	**Aufbau***	**Höhe**	**Spannung**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
NEU G.Skill Trident Z Royal	F4-3200C14Q-32GTRG	N. verfügbar	4 × 8 GiByte DDR4-3200	14-14-14-34	Single Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,13	02/2019	Noch nicht gelistet
Corsair Vengeance RGB Pro	CMW32GX4M4C3600C18	Ca. € 490,-	4 × 8 GiByte DDR4-3600	18-19-19-39	Single Rank	5,2 cm	1,35 Volt	2,19	08/2018	www.pcgh.de/preis/1828432
Corsair Dominator Platinum SE	CMD32GX4M4C3466C16W	Ca. € 650,-	4 × 8 GiByte DDR4-3466	16-18-18-36	Single Rank	5,5 cm	1,35 Volt	2,23	08/2018	Exklusiv via www.corsair.com
Ballistix Tactical Tracer RGB	BLT4C8G4D30BET4K	Ca. € 320,-	4 × 8 GiByte DDR4-3000	16-18-18-38	Single Rank	4,1 cm	1,35 Volt	2,64	08/2018	www.pcgh.de/preis/1783014

System DDR3: Core i7-4770K, Asus Maximus VI Extreme, Zotac Geforce GT 640; Windows 7 64 Bit SP1, HCI Memtest Pro * Aufbau von den meisten Herstellern nicht garantiert, ggf. Abweichungen möglich
System DDR4: Core i7-8700K, Asus Maximus X Apex/Maximus X Hero, MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC; Windows 10 64 Bit, HCI Memtest Pro

Einkaufsführer Kühlung

Preise: Stand 13.12.2018

PCGH Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH Hardware SPAR-TIPP

Lüfter

120-mm-Lüfter	Preis	Anschluss/Kabellänge	Regelung	Drehzahl 100 %	Kühlleistung*	Lautheit*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Noctua NF-A12x25 PWM	Ca. € 29,-	4-Pin PWM/52 cm	Spannungs-Adapter	2.000 U/min	7,9/10,1/15,0 Kelvin	1,8/0,7/0,1 Sone	1,83	09/2018	www.pcgh.de/preis/1813140
Noctua NF-F12 PWM	Ca. € 18,-	4-Pin PWM/53 cm	Spannungs-Adapter	1.500 U/min	10,2/13,4/18,6 Kelvin	1,5/0,4/0,1 Sone	2,23	09/2018	www.pcgh.de/preis/698532
Noiseblocker Eloop B12-PS	Ca. € 19,-	4-Pin PWM/75 cm	–	1.500 U/min	10,9/14,1/19,0 Kelvin	0,7/0,1/0,1 Sone	2,35	09/2018	www.pcgh.de/preis/820091
Thermaltake Pure Plus 12 (3er Pack)	Ca. € 47,-	4-Pin Floppy/Molex	Via USB/Software	1.500 U/min	10,9/13,7/19,7 Kelvin	1,7/0,5/0,1 Sone	2,42	09/2018	www.pcgh.de/preis/1817212
Scythe Glide Stream 120 PWM	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/50 cm	–	1.300 U/min	10,3/12,2/17,5 Kelvin	1,2/0,5/0,1 Sone	2,49	09/2018	www.pcgh.de/preis/837136
Be Quiet Silent Wings 3 PWM	Ca. € 18,-	4-Pin PWM**/50 cm	–	1.450 U/min	11,7/14,4/20,7 Kelvin	0,6/0,1/0,1 Sone	2,50	09/2018	www.pcgh.de/preis/1490397
Scythe Kaze Flex 120 RGB PWM	Ca. € 13,-	4-Pin PWM/47 cm	–	1.200 U/min	10,9/14,3/21,4 Kelvin	0,8/0,2/0,1 Sone	2,54	09/2018	www.pcgh.de/preis/1890664
Arctic F12 PWM	Ca. € 5,-	4-Pin PWM**/39 cm	–	1.350 U/min	10,0/12,9/18,2 Kelvin	1,4/0,4/0,1 Sone	2,63	09/2018	www.pcgh.de/preis/458676
Noiseblocker Multiframe M12-2	Ca. € 20,-	3-Pin/44 cm	–	1.250 U/min	12,7/16,1/21,5 Kelvin	0,5/0,1/0,1 Sone	2,64	09/2018	www.pcgh.de/preis/342339
Be Quiet Shadow Wings SW1	Ca. € 12,-	3-Pin/45 cm	–	2.200 U/min	8,9/11,2/15,6 Kelvin	2,4/0,8/0,1 Sone	2,68	09/2018	www.pcgh.de/preis/684033
Noiseblocker Black Silent Pro PL-2	Ca. € 12,-	3-Pin/75 cm	–	1.400 U/min	12,3/15,4/20,5 Kelvin	1,0/0,3/0,1 Sone	2,69	09/2018	www.pcgh.de/preis/476778
Cooler Master Silencio FP 120 PWM	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/44 cm	–	1.400 U/min	13,1/16,9/23,1 Kelvin	0,4/0,2/0,1 Sone	2,71	12/2016	www.pcgh.de/preis/1227673
Corsair LL120 RGB (3er Pack)	Ca. € 90,-	4-Pin PWM/60 cm	–	1.500 U/min	12,3/15,4/19,3 Kelvin	1,7/0,6/0,1 Sone	2,84	09/2018	www.pcgh.de/preis/1710064
140-mm-Lüfter	**Preis**	**Anschluss/Kabellänge**	**Regelung**	**Drehzahl 100 %**	**Kühlleistung***	**Lautheit***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Noiseblocker Eloop B14-PS	Ca. € 24,-	4-Pin PWM/75 cm	–	1.200 U/min	8,8/11,0/15,2 Kelvin	1,1/0,2/0,1 Sone	2,01	10/2018	www.pcgh.de/preis/1313838
Noctua NF-A14 FLX	Ca. € 21,-	3-Pin/53 cm	2 Spannungs-Adapt.	1.200 U/min	9,5/12,0/16,9 Kelvin	0,9/0,2/0,1 Sone	2,21	10/2018	www.pcgh.de/preis/870798
Thermaltake Riing 14 RGB	Ca. € 25,-	4-Pin PWM/45 cm	2-stufig	1.400 U/min	9,1/11,3/16,9 Kelvin	1,4/0,6/0,1 Sone	2,25	10/2018	www.pcgh.de/preis/1348647
Silverstone SST-FQ141	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/29 cm	Spannungs-Adapter	1.000 U/min	10,3/12,9/17,6 Kelvin	0,9/0,2/0,1 Sone	2,36	10/2018	www.pcgh.de/preis/1170330
Noiseblocker Black Silent Pro PK-2	Ca. € 17,-	3-Pin/75 cm	–	1.200 U/min	10,2/12,8/18,1 Kelvin	1,1/0,3/0,1 Sone	2,37	10/2018	www.pcgh.de/preis/476867
Phanteks PH-F140SP	Ca. € 15,-	3-Pin/92 cm	–	1.200 U/min	8,9/11,5/16,2 Kelvin	1,4/0,4/0,1 Sone	2,41	10/2018	www.pcgh.de/preis/1112616
Fractal Design Venturi HP-14 PWM	Ca. € 19,-	4-Pin PWM/50 cm	–	1.500 U/min	9,6/11,7/18,2 Kelvin	1,4/0,5/0,1 Sone	2,42	10/2018	www.pcgh.de/preis/1266895
Be Quiet Silent Wings 3 PWM	Ca. € 19,-	4-Pin PWM/50 cm	–	1.000 U/min	11,7/14,7/20,4 Kelvin	0,3/0,1/0,1 Sone	2,45	10/2018	www.pcgh.de/preis/1490388
Nanoxia Cool Force	Ca. € 10,-	3-Pin/43 cm	Vorwiderstand	1.100 U/min	12,2/14,6/20,3 Kelvin	0,3/0,1/0,1 Sone	2,45	10/2018	www.pcgh.de/preis/1395404
Be Quiet Silent Wings 2 PWM	Ca. € 30,-	4-Pin PWM/45 cm	–	1.000 U/min	11,4/15,3/21,0 Kelvin	0,4/0,1/0,1 Sone	2,47	10/2018	www.pcgh.de/preis/877396
Enermax T.B.Silence PWM 140mm	Ca. € 9,-	4-Pin PWM/49 cm	–	1.200 U/min	9,2/11,8/16,0 Kelvin	1,6/0,6/0,2 Sone	2,48	10/2018	www.pcgh.de/preis/886129
Enermax T.B.Silence ADV 140	Ca. € 15,-	4-Pin PWM/50 cm	–	1.200 U/min	9,5/12,6/17,9 Kelvin	1,1/0,3/0,1 Sone	2,48	10/2018	www.pcgh.de/preis/1831705
Corsair ML140 Pro White LED	Ca. € 24,-	4-Pin PWM/59 cm	–	2.000 U/min	6,2/7,3/10,6 Kelvin	4,2/1,7/0,4 Sone	2,62	10/2018	www.pcgh.de/preis/1461464
Noctua NF-A14 Industr.PPC-2000 PWM	Ca. € 27,-	4-Pin PWM/40 cm	–	2.000 U/min	6,9/8,1/11,8 Kelvin	4,0/1,6/0,4 Sone	2,78	10/2018	www.pcgh.de/preis/1115473
Be Quiet Pure Wings 2 140mm	Ca. € 9,-	3-Pin/45 cm	–	1.000 U/min	11,8/15,6/21,1 Kelvin	0,5/0,1/0,1 Sone	2,89	10/2018	www.pcgh.de/preis/994425
Arctic Bionix F140 Weiß	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/39 cm	–	1.800 U/min	6,6/8,2/11,5 Kelvin	4,7/2,1/0,4 Sone	3,02	10/2018	www.pcgh.de/preis/1688662

* Auf Alphacool Nexxxos XT45 120/140/180 mm Radiator, Differenztemperatur Wasser/Luft; Wärmequelle: Xeon E5-2687W (150 W TDP); Messung bei 100/75/50 % Lüfterdrehzahl ** Messung mit analoger Ansteuerung; bei PWM-Ansteuerung ggf. zusätzliche Störgeräusche

Prozessorkühler

Modell	Preis	Maße (B × H × T) Gewicht	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp. (100/75/50 %)	Lautheit (100/75/50 %)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be Quiet Dark Rock Pro 4	Ca. € 75,-	136 × 163 × 146 mm; 1.150 g	49,8 °C (1.320 U/min)	48,5/51,0/57,7 °C	1,4/0,4/0,1 Sone**	1,79	08/2018	www.pcgh.de/preis/1794846
Thermalright Le Grand Macho RT	Ca. € 60,-	150 × 162 × 148 mm; 1.110 g	50,1 °C (1.280 U/min)	50,1/52,8/59,1 °C	1,0/0,2/0,1 Sone	1,86	08/2018	www.pcgh.de/preis/1442034
Noctua NH-D15	Ca. € 90,-	151 × 175 × 162 mm; 1.310 g	49,3 °C (1.110 U/min)	47,5/49,9/53,8 °C	2,7/0,9/0,1 Sone	1,87	08/2018	www.pcgh.de/preis/1098241
Noctua NH-U14S	Ca. € 65,-	152 × 166 × 80 mm; 938 g	49,4 °C (1.220 U/min)	47,9/50,8/57,1 °C	1,7/0,7/0,1 Sone	1,90	08/2018	www.pcgh.de/preis/929404
Thermaltake Frio Extr. Silent 14 Dual	Ca. € 80,-	157 × 166 × 146 mm; 1235 g	49,2 °C (1.050 U/min)	48,2/52,1/59,9 °C	1,4/0,4/0,1 Sone	1,92	08/2018	www.pcgh.de/preis/1196525
Scythe Mugen 5 (/Rev. B)	Ca. € 45,-	138 × 150 × 109 mm; 890 g	Nicht mögl. (max. 0,9 Sone)	52,1/53,6/59,4 °C	0,9/0,3/0,1 Sone	1,96	08/2018	www.pcgh.de/preis/1647533
EKL Alpenföhn Brocken 3	Ca. € 45,-	150 × 171 × 126 mm; 870 g	52,5 °C (1.000 U/min)	52,5/54,6/61,1 °C	1,0/0,3/0,1 Sone	2,01	08/2018	www.pcgh.de/preis/1675194
EKL Alpenföhn Matterhorn Pure	Ca. € 35,-	140 × 157 × 100 mm; 800 g	50,6 °C (1.350 U/min)	49,8/52,0/60,6 °C	1,6/0,7/0,1 Sone	2,01	05/2018	www.pcgh.de/preis/782372
Scythe Kotetsu Mark II	Ca. € 33,-	139 × 154 × 83 mm; 620 g	Nicht mögl. (max. 0,9 Sone)	53,0/56,0/61,8 °C	0,9/0,2/0,1 Sone	2,11	05/2018	www.pcgh.de/preis/1743093
Be Quiet Dark Rock 4	Ca. € 60,-	136 × 162 × 96 mm; 910 g	50,6 °C (1.260 U/min)	50,1/53,1/62,8 °C	1,3/0,4/0,1 Sone**	2,11	08/2018	www.pcgh.de/preis/1794867
Thermalright True Spirit 140 Direct	Ca. € 38,-	152 × 165 × 71 mm; 660 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	50,8/54,2/60,7 °C	0,8/0,2/0,1 Sone	2,12	08/2018	www.pcgh.de/preis/1529573
Be Quiet Dark Rock Pro 3	Ca. € 90,-	141 × 164 × 150 mm; 1.240 g	51,6 °C (1.420 U/min)	50,3/52,1/55,7 °C	1,6/0,6/0,1 Sone	2,13	08/2018	www.pcgh.de/preis/1054341
Thermalright Macho Direct	Ca. € 38,-	152 × 162 × 128 mm; 823 g	Nicht mögl. (max. 0,7 Sone)	52,1/54,8/61,3 °C	0,7/0,3/0,1 Sone	2,26	08/2018	www.pcgh.de/preis/1372274
EKL Alpenföhn Brocken Eco	Ca. € 31,-	131 × 151 × 88 mm; 610 g	53,4 °C (1.380 U/min)	52,5/57,4/64,2 °C	1,2/0,3/0,1 Sone	2,27	08/2018	www.pcgh.de/preis/1081623
Enermax ETS-50 Axe	Ca. € 45,-	139 × 161 × 112 mm; 910 g	52,5 °C (1.260 U/min)	48,2/50,9/59,1 °C	3,1/1,3/0,3 Sone	2,37	08/2018	www.pcgh.de/preis/1491128
Cooler Master Masterair MA410P	Ca. € 34,-	129 × 160 × 80 mm; 600 g	54,2 °C (1.500 U/min)	51,5/53,8/61,0 °C	2,0/1,0/0,1 Sone**	2,43	05/2018	www.pcgh.de/preis/1719521
Cooler Master Hyper 412S	Ca. € 35,-	132 × 162 × 97 mm; 580 g	Nicht mögl. (max. 0,7 Sone)	56,7/59,1/67,2 °C	0,7/0,1/0,1 Sone	2,46	08/2018	www.pcgh.de/preis/697260
Arctic Freezer 33	Ca. € 25,-	124 × 151 × 73 mm; 680 g	Nicht mögl. (max. 0,9 Sone)	53,5/57,6/67,1 °C	0,9/0,3/0,1 Sone**	2,48	05/2018	www.pcgh.de/preis/1589294
Thermalright Silver Arrow ITX-R*	Ca. € 75,-	154 × 148 × 105 mm; 770 g	52,9 °C (1.070 U/min)	52,2/55,6/64,4 °C	1,2/0,4/0,1 Sone	2,51	05/2018	www.pcgh.de/preis/1620104
Be Quiet Pure Rock	Ca. € 30,-	130 × 155 × 89 mm; 630 g	56,2 °C (1.370 U/min)	55,5/58,1/68,0 °C	1,4/0,4/0,1 Sone	2,52	08/2018	www.pcgh.de/preis/1184606
Cryorig H7 Quad Lumi	Ca. € 50,-	122 × 147 × 98 mm; 710 g	55,6 °C (1.260 U/min)	52,4/55,0/62,1 °C	1,7/0,7/0,1 Sone	2,52	05/2018	www.pcgh.de/preis/1665891
Thermaltake Frio Silent 12	Ca. € 35,-	128 × 141 × 67 mm; 330 g	54,7 °C (1.310 U/min)	53,8/58,6/70,4 °C	1,3/0,3/0,1 Sone	2,59	08/2018	www.pcgh.de/preis/1158734
MSI Core Frozr XL	Ca. € 80,-	150 × 170 × 130 mm; 1.320 g	52,6 °C (1.100 U/min)	47,4/50,4/56,8 °C	4,8/2,0/0,4 Sone**	2,61	05/2018	www.pcgh.de/preis/1656926
Be Quiet Shadow Rock TF2	Ca. € 47,-	137 × 112 × 167 mm; 730 g	53,8 °C (1.280 U/min)	52,8/56,1/66,6 °C	1,2/0,4/0,1 Sone	2,66	05/2018	www.pcgh.de/preis/1629017

* Anpresskraft Sockel-1151-Originalhalterung deutlich zu hoch, Nachrüstkit auf Anfrage ** Messung mit analoger Ansteuerung; bei PWM-Ansteuerung gegebenenfalls zusätzliche Störgeräusche

Einkaufsführer Wasserkühlung & Mainboards

Preise: Stand 13.12.2018

PCGH Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH Hardware SPAR-TIPP

Vorgefüllte Kompakt- und modulare Wasserkühlungen

Kompaktwasserkühlungen	Preis	Radiator (B × H × T)	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp., (100/75/50%)	Lauth. (100/75/50%/Pumpe)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Arctic Liquid Freezer 240	N. verfüg.	273 × 120 × 88 mm	45,1 °C (1.020 U/min)	43,7/45,5/50,0 °C	2,3/0,8/0,2/0,1 Sone	1,79	12/2018	www.pcgh.de/preis/1341649
Alphacool Eisbaer 240	Ca. € 120,-	274 × 124 × 55 mm	49,5 °C (1.080 U/min)	47,2/48,5/52,2 °C	3,3/1,6/0,6/0,1 Sone	1,86	12/2018	www.pcgh.de/preis/758311939
Alphacool Eisbaer 240 LT	Ca. € 90,-	271 × 120 × 51 mm	50,8 °C (1.080 U/min)	47,9/50,2/53,4 °C	3,0/1,3/0,4/0,1 Sone	1,93	12/2018	www.pcgh.de/preis/1774559
Cooler Master Master Liquid 240	Ca. € 75,-	278 × 120 × 53 mm	48,4 °C (1.400 U/min)	45,2/47,5/52,7 °C	3,5/1,5/0,4/0,1 Sone	1,96	12/2018	www.pcgh.de/preis/1562099
Be Quiet Silent Loop 240 mm	Ca. € 120,-	275 × 123 × 55 mm	50,4 °C (1.260 U/min)	47,2/48,5/51,7 °C	4,5/2,0/0,6/0,1 Sone	2,05	12/2018	www.pcgh.de/preis/1508159
Deepcool Castle 240 RGB	N. verfüg.	273 × 121 × 53 mm	50,0 °C (1.080 U/min)	46,2/48,0/52,2 °C	4,1/2,0/0,5/0,1 Sone	2,10	12/2018	www.pcgh.de/preis/1869432
Enermax Liqfusion 240	Ca. € 95,-	273 × 120 × 53 mm	50,3 °C (1.320 U/min)	46,9/48,8/52,5 °C	3,9/1,7/0,5/0,2 Sone	2,11	12/2018	www.pcgh.de/preis/1830168
Fractal Design Celsius S24	Ca. € 110,-	283 × 122 × 55 mm	49,1 °C (1.110 U/min)	45,4/46,9/51,6 °C	4,5/1,8/0,7/0,1 Sone	2,13	12/2018	www.pcgh.de/preis/1621894
NZXT Kraken X52	Ca. € 150,-	277 × 123 × 55 mm	48,8 °C (1.080 U/min)	44,4/45,9/49,8 °C	5,6/2,7/0,7/0,1 Sone	2,14	12/2018	www.pcgh.de/preis/1677166
LC Power LL-CC-240-LiCo	Ca. € 65,-	274 × 120 × 53 mm	50,0 °C (1.080 U/min)	46,2/47,9/51,6 °C	4,4/2,2/0,5/0,2 Sone	2,21	12/2018	www.pcgh.de/preis/1465682
Asus ROG Ryujin 240	Ca. € 200,-	273 × 120 × 54 mm	49,1 °C (1.080 U/min)	45,1/46,9/49,9 °C	5,5/2,6/0,8/0,2 Sone	2,27	12/2018	www.pcgh.de/preis/1893500
Corsair H100i Platinum	Ca. € 140,-	278 × 120 × 54 mm	50,4 °C (1.200 U/min)	45,3/47,3/50,4 °C	6,6/3,4/1,0/0,1 Sone	2,32	12/2018	www.pcgh.de/preis/1917951

Temperatur- und Lautheitsmessungen entsprechen Luftkühlern, aber das Benotungssystem weicht ab. Wertung nicht vergleichbar!

Mainboards für AMD- und Intel-Prozessoren, diverse Sockel

AMD TR4	Preis	IOH/Form.	PCI-E CPU (3.0) & IOH (2.0)	M.2-Anbindung	Sound	USB ext./int.; SATA	Lüfter	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Asrock X399 Taichi	Ca. € 340,-	X399/ATX	×16/×8/×16/×8 & ×1	3× 3.0×4	ALC1220	2/0×3.1; 8/4×3,0; 8×	5 (5× PWM)	1,90	02/2018	www.pcgh.de/preis/1664939
Asus Zenith Extreme	Ca. € 550,-	X399/E-ATX	×16/×8/×16/×8 & ×4/×1	3× 3.0×4	S1220	2/1×3.1; 8/4×3,0; 6×	9 (7× PWM)	2,04	02/2018	www.pcgh.de/preis/1664907
MSI X399 Ga. Pro Car. AC	Ca. € 430,-	X399/ATX	×16/×8/×16/×8 & ×1/×1	3× 3.0×4	ALC1220	2/1×3.1; 8/4×3,0; 8×	6 (6× PWM)	2,14	02/2018	www.pcgh.de/preis/1664957
AMD AM4 (neue Noten)	**Preis**	**IOH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & IOH (2.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Gigabyte X470 Ga. 7 WIFI	Ca. € 240,-	X470/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0*	3.0×4; 2.0×4*	ALC1220	2/1×3.1; 6/4×3,0; 6×	8 (8× PWM)	1,97	07/2018	www.pcgh.de/preis/1804453
Asus Crossh. VII Hero Wi-Fi	Ca. € 290,-	X470/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×4	3.0×4; 3.0×0*	S1220	2/1×3.1; 8/2×3,0; 6×	8 (8× PWM)	1,98	07/2018	www.pcgh.de/preis/1804445
NEU Asrock X470 Taichi	Ca. € 220,-	X470/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×4	3.0×4; 2.0×4*	ALC1220	2/1×3.1; 6/4×3,0; 8×	5 (5× PWM)	2,07	02/2019	www.pcgh.de/preis/1804323
MSI X470 Gaming M7 AC	Ca. € 240,-	X470/ATX	×16*/×0* & ×1/×1*/×0*/×0*	3.0×4; 2.0×4*	ALC1220	2/1×3.1; 4/4×3,0; 6×	6 (6× PWM)	2,08	07/2018	www.pcgh.de/preis/1804096
Asus Prime X470-Pro	Ca. € 170,-	X470/ATX	×16*/×0* & ×0*/×1/×0*/×4*	3.0×4; 3.0×2*	S1220A	2/1×3.1; 6/2×3,0; 6×	7 (7× PWM)	2,21	07/2018	www.pcgh.de/preis/1804446
Asrock X470 Master SLI	Ca. € 140,-	X470/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×1	3.0×4; 2.0×2	ALC892	2/0×3.1; 6/4×3,0; 6×	5 (5× PWM)	2,33	10/2018	www.pcgh.de/preis/1804206
MSI B450 Ga. Pro Car. AC	Ca. € 130,-	B450/ATX	×16 & ×0*/×0*/×0*/×0*	3.0×4**; 2.0×4*	ALC1220	2/0×3.1; 2/2×3,0; 6×	6 (6× PWM)	2,38	10/2018	www.pcgh.de/preis/1858899
MSI X470 Gaming Plus	Ca. € 130,-	X470/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×0*	3.0×4; 2.0×4*	ALC892	2/0×3.1; 4/4×3,0; 6×	6 (6× PWM)	2,40	07/2018	www.pcgh.de/preis/1803970
NEU MSI B450M Mortar Titan.	N. verfüg.	B450/µATX	×16 & ×0*/×1*/×4	3.0×4; 2.0×4*	ALC892	2/0×3.1; 4/2×3,0; 4×	4 (4× PWM)	2,47	02/2019	www.pcgh.de/preis/1859022
Asus Strix B450-I Gaming	Ca. € 160,-	B450/ITX	×16*	3.0×4; 3.0×0*	S1220A	2/0×3.1; 4/2×3,0; 4×	3 (3× PWM)	2,51	10/2018	www.pcgh.de/preis/1843431
Asrock X370 Killer SLI	Ca. € 110,-	X370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×1	3.0×4; 2.0×2	ALC892	2/0×3.1; 6/4×3,0; 6×	5 (5× PWM)	2,52	07/2018	www.pcgh.de/preis/1582146
Asrock B450 Gam.-ITX/ac	Ca. € 120,-	B450/ITX	×16	3.0×4	ALC1220	2/0×3.1; 2/2×3,0; 4×	3 (3× PWM)	2,58	10/2018	www.pcgh.de/preis/1858741
Asus Strix B450-F Gam.	Ca. € 150,-	B450/ATX	×16*/×0* & ×1/×0*/×0*/×4*	3.0×4**; 3.0×0*	S1220A	2/0×3.1; 4/2×3,0; 6×	6 (6× PWM)	2,62	10/2018	www.pcgh.de/preis/1843402
Asrock B450M Pro4	Ca. € 80,-	B450/µATX	×16 & ×1/×4	3.0×4; SATA**	ALC892	2/0×3.1; 4/2×3,0; 4×	5 (5× PWM)	2,62	10/2018	www.pcgh.de/preis/1858732
MSI B450I Gam.Plus AC	Ca. € 120,-	B450/ITX	×16	3.0×4	ALC887	0/0×3.1; 4/2×3,0; 4×	2 (2× PWM)	2,66	10/2018	www.pcgh.de/preis/1858985
Gigabyte B450 Aorus Pro	Ca. € 120,-	B450/ATX	×16 & ×0*/×4*/×0*	3.0×4**; 3.0×2	ALC1220	2/0×3.1; 4/2×3,0; 6×	5 (5× PWM)	2,69	10/2018	www.pcgh.de/preis/1858848
NEU Asus B450-Plus Gaming	Ca. € 110,-	B450/ATX	×16 & ×0*/×4*/×0*/×1	3.0×4**	ALC887	2/0×3.1; 3/2×3,0; 6×	5 (5× PWM)	2,79	02/2019	www.pcgh.de/preis/1843527
NEU Biostar B450GT3	N. verfüg.	B450/µATX	×16 & ×0*/×0*/×4*	3.0×4**	ALC1150	2/0×3.1; 2/2×3,0; 6×	3 (3× PWM)	2,85	02/2019	www.pcgh.de/preis/1859190
Intel 1151 (CFL)	**Preis**	**PCH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & PCH (3.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asus Max. XI Hero WiFI	Ca. € 340,-	Z390/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4**	2× 3.0×4	S1220	4/1×3.1; 2/2×3,0; 6×	8 (8× PWM)	1,55	12/2018	www.pcgh.de/preis/1899150
MSI Z390 Gaming Edge AC	Ca. € 180,-	Z390/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4; 3.0×4**	ALC1220	2/1×3.1; 2/4×3,0; 6×	7 (7× PWM)	1,75	12/2018	www.pcgh.de/preis/1901566
Gigabyte Z390 A. Xtreme	Ca. € 550,-	Z390/E-ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0*	3.0×4; ×4*; ×4**	ALC1220	6/1×3.1; 2/2×3,0; 6×	14 (14× PWM)	1,76	12/2018	www.pcgh.de/preis/1919972
Asrock Z390 Extreme4	Ca. € 180,-	Z390/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	2× 3.0×4**	ALC1220	2/0×3.1; 4/4×3,0; 8×	5 (5× PWM)	1,76	12/2018	www.pcgh.de/preis/1900711
Gigabyte Z370 Gaming 7	N. verfüg.	Z370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0**/×4	3.0×4; 2× 3.0×4**	ALC1220	2/1×3.1; 5/2×3,0; 6×	8 (8× PWM)	1,97	12/2017	www.pcgh.de/preis/1699938
Asus Maximus X Hero	Ca. € 260,-	Z370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0*/×4*	3.0×4; 3.0×4**	ALC1220	2/1×3.1; 4/2×3,0; 6×	8 (8× PWM)	2,02	12/2017	www.pcgh.de/preis/1702196
Asrock Z370 Extreme4	Ca. € 160,-	Z370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	2× 3.0×4**	ALC1220	2/0×3.1; 4/4×3,0; 8×	5 (5× PWM)	2,02	12/2017	www.pcgh.de/preis/1700876
MSI Z370 Ga. Pro Car. AC	N. verfüg.	Z370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4; 3.0×4**	ALC1220	2/0×3.1; 4/4×3,0; 6×	6 (6× PWM)	2,08	12/2017	www.pcgh.de/preis/1699948
Gigabyte H370 Ga. 3 Wifi	Ca. € 140,-	H370/ATX	×16 & ×1/×1/×4/×1/×1	3.0×4; 3.0×2	ALC1220	2/1×3.1; 2/2×3,0; 6×	5 (5× PWM)	2,11	06/2018	www.pcgh.de/preis/1795299
Asus B360-F Gaming	Ca. € 130,-	B360/ATX	×16 & ×0*/×0*/×4*/×1*/×1	3.0×4; 3.0×2*	S1220A	3/0×3.1; 0/2×3,0; 6×	6 (6× PWM)	2,11	06/2018	www.pcgh.de/preis/1796093
NZXT N7 Z370 black	Ca. € 260,-	Z370/ATX	×16/×0 & ×1/×4/×4	2× 3.0×4	ALC1220	0/0×3.1; 4/4×3,0; 4×	9 (9× PWM)	2,19	06/2018	www.pcgh.de/preis/1761093
MSI B360 Ga. Pro Carbon	Ca. € 120,-	B360/ATX	×16 & ×1/×0*/×1/×1	3.0×4; 3.0×4*	ALC1220	2/1×3.1; 4/2×3,0; 6×	7 (7× PWM)	2,32	06/2018	www.pcgh.de/preis/1795530
Asrock H370 Pro4	Ca. € 100,-	H370/ATX	×16 & ×1/×1*/×4*/×1*	3.0×4; 3.0×4	ALC892	2/0×3.1; 2/4×3,0; 6×	4 (4× PWM)	2,44	06/2018	www.pcgh.de/preis/1789140
Biostar B360GT3S	Ca. € 95,-	B360/µATX	×16 & ×1/×4	3.0×4; 3.0×2	ALC1150	2/0×3.1; 2/2×3,0; 6×	3 (3× PWM)	2,57	06/2018	www.pcgh.de/preis/1796228
Intel 2066	**Preis**	**PCH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & PCH (3.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asus Strix X299-E Gam.	Ca. € 320,-	X299/ATX	×16/×16/×8 & ×1*/×1/×4**	3.0×4; 3.0×4	S1220A	2/1×3.1; 4/4×3,0; 8×	7 (7× PWM)	2,05	09/2017	www.pcgh.de/preis/1641089
MSI X299 Ga. Pro Car. AC	Ca. € 280,-	X299/ATX	×16/×4/×16/×8 & ×1/×1	3.0×4; 3.0×4	ALC1220	2/1×3.1; 4/4×3,0; 8×	6 (6× PWM)	2,07	09/2017	www.pcgh.de/preis/1632012
Asus TUF X299 Mark 2	Ca. € 240,-	X299/ATX	×16/×16/×8 & ×1/×2/×1	3.0×4; 3.0×4	S1220A	2/0×3.1; 4/4×3,0; 6×	8 (8× PWM)	2,14	09/2017	www.pcgh.de/preis/1641192
MSI X299 Raider	N. verfüg.	X299/ATX	×16/×16/×8 & ×4/×1	3.0×4**; 3.0×4	ALC1220	2/1×3.1; 4/4×3,0; 8×	6 (6× PWM)	2,23	10/2017	www.pcgh.de/preis/1641249

* PCI-E-Lane-Sharing ** Shared mit SATA

Einkaufsführer LCDs & Eingabegeräte

Preise: Stand 13.12.2018

PC Games Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Games Hardware SPAR-TIPP

LCDs

Full HD	Preis	Bilddiagonale	Refreshrate	Reaktionszeit	Inputlag	Leuchtkraft	Paneltyp	VRR	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Dell Alienware AW2518H	Ca. € 475,-	24,5 Zoll	240 Hertz	2,3 ms*	16 ms	Bis 447 cd/m²	TN-Panel	G-Sync	1,55	10/2017	www.pcgh.de/preis/1675342
MSI Optix MPG27C	Ca. € 400,-	24 Zoll	144 Hertz	4,6 ms	10,5 ms	Bis 296 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,64	Online	www.pcgh.de/preis/1785518
Samsung C24FG73	Ca. € 280,-	24 Zoll	144 Hertz	5 ms	-	Bis 340 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,66	06/2016	www.pcgh.de/preis/1621926
LG 27GK750F	Ca. € 350,-	27 Zoll	240 Hertz	3,0 ms*	14 ms	Bis 380 cd/m²	TN-Panel	Freesync	1,68	02/2018	www.pcgh.de/preis/1755660
Medion Erazer X58426	Ca. € 400,-	31,5 Zoll	144 Hertz	12 ms	11 ms	Bis 288 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,76	05/2017	www.pcgh.de/preis/1585204
AOC G2460PF	Ca. € 220,-	24 Zoll	144 Hertz	7,6 ms*	-	Bis 358 cd/m²	TN-Panel	Freesync	1,77	05/2016	www.pcgh.de/preis/1318972
Asus ROG Swift PG258Q	Ca. € 525,-	24,5 Zoll	240 Hertz	1 ms	15 ms	Bis 488 cd/m²	TN-Panel	G-Sync	1,93	10/2017	www.pcgh.de/preis/1451609
WQHD	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Viewsonic XG2703-GS	Ca. € 700,-	27 Zoll	165 Hertz	5,4 ms*	12 ms	Bis 355 cd/m²	IPS-Panel	G-Sync	1,56	04/2017	www.pcgh.de/preis/1504306
Asus PG27VQ	Ca. € 730,-	27 Zoll	165 Hertz	2,3 ms*	14 ms	Bis 450 cd/m²	TN-Panel	G-Sync	1,61	04/2018	www.pcgh.de/preis/1705548
Acer XF0 XF270HUA	Ca. € 430,-	27 Zoll	144 Hertz	7,2 ms*	10,2 ms	Bis 382 cd/m²	IPS-Panel	Freesync	1,63	04/2018	www.pcgh.de/preis/1528218
AOC Q3279VWF	Ca. € 220,-	27 Zoll	75 Hertz	6,3 ms*	12 ms	Bis 267 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,79	02/2018	www.pcgh.de/preis/1716544
Asus MG279Q	Ca. € 490,-	27 Zoll	144 Hertz	7,2 ms*	9 ms	35 bis 343 cd/m²	IPS-Panel	Freesync	1,87	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215454
Ultra HD	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Acer Predator X27	Ca. € 2.370,-	27 Zoll	144 Hertz	5 ms*	22,1 ms	32 bis 1.125 cd/m²	IPS-Panel	G-Sync	1,42	01/2019	www.pcgh.de/preis/1571346
Eizo EV2785-BK	Ca. € 1.030,-	27 Zoll	60 Hertz	8,8 ms*	28 ms	Bis 357 cd/m²	IPS-Panel	–	1,81	11/2016	www.pcgh.de/preis/1734674
Philips 436M6VBPAB	Ca. € 700,-	43 Zoll	60 Hertz	6,1 ms*	12 ms	59 bis 755 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,94	01/2019	www.pcgh.de/preis/1809030
Viewsonic VX4380-4K	Ca. € 530,-	43 Zoll	60 Hertz	14,4 ms*	10 ms	Bis 440 cd/m²	IPS-Panel	–	2,21	01/2017	www.pcgh.de/preis/1710767
21:9	**Preis**	**Auflösung**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
LG 38UC99-W	Ca. € 960,-	3.840 x 1.600	75 Hertz	8,7 ms*	10 ms	50 bis 295 cd/m²	AHIPS-Panel	Freesync	1,39	03/2017	www.pcgh.de/preis/1615513
Asus ROG PG348Q	Ca. € 950,-	3.440 x 1.440	100 Hertz	6 ms	4 ms	31 bis 324 cd/m²	IPS-Panel	G-Sync	1,61	04/2016	www.pcgh.de/preis/1276261
LG 34UC98-W	Ca. € 800,-	3.440 x 1.440	75 Hertz	10 ms	2 ms	70 bis 295 cd/m²	IPS-Panel	Freesync	1,76	07/2016	www.pcgh.de/preis/1395258
Samsung S34E790C	Ca. € 800,-	3.440 x 1.440	60 Hertz	10 ms	6 ms	46 bis 295 cd/m²	MVA-Panel	–	1,76	04/2016	www.pcgh.de/preis/1195794
Asus MX34VQ	Ca. € 680,-	3.440 x 1.440	100 Hertz	12 ms	9 ms	Bis 299 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,83	08/2017	www.pcgh.de/preis/1565011

* Neue Messmethode mit Oszilloskop; Durchschnitt von 20 Farbwechseln

Mäuse

Modell	Preis	Kabellänge	Tasten	Abtastung	Auflösung	Gewicht	Ergonomie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Roccat Nyth	Ca. € 120,-	180 cm	16 + Scrollrad	Optisch (Laser)	12.000 Dpi	130 Gramm	Sehr gut	1,16	11/2015	www.pcgh.de/preis/1300527
Roccat Leadr	Ca. € 130,-	Schnurlos	12 + Scrollrad	Optisch (LED)	12.000 Dpi	134 Gramm	Sehr gut	1,22	08/2017	www.pcgh.de/preis/1558254
Razer Basilisk	Ca. € 55,-	200 cm	8 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	107 Gramm	Sehr gut	1,24	12/2017	www.pcgh.de/preis/1685902
Razer Lancehead	Ca. € 105,-	Schnurlos	8 + Scrollrad	Optisch (Laser)	16.000 Dpi	126 Gramm	Sehr gut	1,27	08/2017	www.pcgh.de/preis/1615980
Rayer Mamba Elite	Ca. € 100,-	210 cm	7 + Vier-Wege-Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	98 Gramm	Sehr gut	1,28	01/2019	www.pcgh.de/preis/1855352
Roccat Tyon	Ca. € 95,-	180 cm	12 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	126 Gramm	Sehr gut	1,32	12/2014	www.pcgh.de/preis/1154844
Asus ROG Gladius II	Ca. € 80,-	200/100 cm	6 + Scrollrad	Optisch (LED)	12.000 Dpi	110 Gramm	Sehr gut	1,32	04/2017	www.pcgh.de/preis/1574884
Logitech G903 Lightspeed	Ca. € 130,-	Schnurlos	10 + Scrollrad	Optisch (LED)	12.000 Dpi	111 Gramm	Sehr gut	1,34	04/2018	www.pcgh.de/preis/1638563
Razer Naga Trinity	Ca. € 100,-	Schnurlos	6, 8 oder 10 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	122 Gramm	Sehr gut	1,34	04/2018	www.pcgh.de/preis/1724333
Razer Mamba & Firefly Hyperflux	Ca. € 250,-	Schnurlos	7 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	96 Gramm	Sehr gut	1,35	07/2018	www.pcgh.de/preis/1752316
Corsair Glaive	Ca. € 75,-	Schnurlos	5 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	122 Gramm	Sehr gut	1,37	12/2017	www.pcgh.de/preis/1619280

Tastaturen

Nicht mechanisch	Preis	Beleuchtung	Anschlüsse	Handballenablage	Zusatztasten	Makro/Speicher	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Roccat Isku+ Force FX	Ca. € 95,-	Voll, RGB-Farbraum	–	Ja (integriert)	10 + 5 Makrotasten	Ja/ja (k. A.)	1,60	06/2017	www.pcgh.de/preis/1558265
Razer Ornata Chroma	Ca. € 95,-	RGB-Einzeltastenbel.	–	Ja (modular)	11 (Doppelbelegung)	Ja/ja (k. A.)	1,62	03/2017	www.pcgh.de/preis/1513169
Asus Cerberus	Ca. € 50,-	Voll, zwei Farben	–	Ja (integriert)	6	Ja/ja (k. A.)	1,86	10/2016	www.pcgh.de/preis/1338736
Logitech G213 Prodigy	Ca. € 60,-	Voll, RGB-Farbraum	–	Ja (integriert)	10	Ja/ja (ein Profil)	1,88	10/2017	www.pcgh.de/preis/1503355
Sharkoon Skiller Pro+	Ca. € 35,-	Voll, sieben Farben	–	Ja (integriert)	9 + 3 Profilwahltast.	Ja/ja (k. A.)	1,96	10/2016	www.pcgh.de/preis/1344423
Mechanisch	**Preis**	**Beleuchtung**	**Anschlüsse**	**Schalter (getestet)**	**Schalter (verfüg.)**	**Makro/Speicher**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Razer Black Widow Elite	Ca. € 180,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Razer Green (RGB)	Razer Yellow/Brown	Ja/ja (k. A.)	1,28	01/2019	www.pcgh.de/preis/1880037
Razer Black Widow Chroma V2	Ca. € 190,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Razer Yellow (RGB)	Razer Green/Brown	Ja/ja (k. A.)	1,30	04/2017	www.pcgh.de/preis/1568991
Razer Huntsman Elite	Ca. € 210,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Razer Opto-Mechan.	Razer Opto-Mechan.	Ja/ja (5 Profile)	1,30	08/2018	www.pcgh.de/preis/1844054
Coolermaster Masterkeys MK750	Ca. € 125,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Ch. MX RGB Brown	Ch. MX RGB Red/Blue	Ja/ja (k.A.)	1,34	04/2018	www.pcgh.de/preis/1730535
Roccat Vulcan AIMO	Ca. € 160,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Roccat Titan/TTC RGB	TTC RGB Brown	Ja/ja (512 kB)	1,35	01/2019	www.pcgh.de/preis/1827644
Corsair K95 Platimun RGB	Ca. € 200,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0	Ch. MX Speed RGB	Ch. MX Speed RGB	Ja/ja (8 MByte)	1,36	07/2017	www.pcgh.de/preis/1572533
Corsair K70 RGB MK.2	Ca. € 180,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0	Ch. MX RGB Brown	MX RGB Brown/Red	Ja/ja (8 MByte)	1,38	08/2018	www.pcgh.de/preis/1832395
Patriot Viper V770	Ca. € 150,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Kailh RGB Red	Kailh RGB Red	Ja/ja (5 Profile)	1,41	08/2018	www.pcgh.de/preis/1738224
Corsair K70 RGB MK.2 Low Profile	Ca. € 210,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0	Ch. MX RGB Low Pr.	MX RGB LP Speed, Red	Ja/ja (k. A.)	1,41	01/2019	www.pcgh.de/preis/1914757
MSI Vigor GK80	Ca. € 140,-	RGB-Einzeltastenbel.	2 x USB 2.0	Cherry MX RGB Red	Cherry MX RGB Red	Ja/ja (5 Profile)	1,47	08/2018	www.pcgh.de/preis/1778940
Asus Cerberus Mech RGB	Ca. € 120,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Kailh RGB Red	Kailh RGB Red	Ja/ja (5 Profile)	1,49	04/2018	www.pcgh.de/preis/1656983

Einkaufsführer SSDs & Festplatten

Preise: Stand 13.12.2018

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

SATA-SSDs

Ab 240 GB	Preis	Kapazität bin./dez.	Transfer R/W AS-SSD	IOPS	Kopiertest*	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Samsung SSD 860 Pro	Ca. € 95,-	238 GiB/256 GB	446/489 MB/s	88.000	64 Sekunden	5 Jahre, 300 TB	2,13	07/2018	www.pcgh.de/preis/1756908
Samsung SSD 860 Evo	Ca. € 50,-	233 GiB/250 GB	448/489 MB/s	76.000	66 Sekunden	5 Jahre, 150 TB	2,14	07/2018	www.pcgh.de/preis/1756903
PCGH Hardware Crucial MX500	Ca. € 45,-	233 GiB/250 GB	528/318 MB/s	48.000	99 Sekunden	5 Jahre, 100 TB	2,42	07/2018	www.pcgh.de/preis/1745265
Kingston SSDNow UV500	Ca. € 50,-	224 GiB/240 GB	428/482 MB/s	23.000	149 Sekunden	5 Jahre, 100 TB	2,49	07/2018	www.pcgh.de/preis/1805411
NEU Crucial BX500	Ca. € 40,-	224 GiB/240 GB	445/476 MB/s	7709	83 Sekunden	3 Jahre, 80 TB	2,54	02/2019	www.pcgh.de/preis/1875761
NEU Gigabyte SSD	Ca. € 45,-	238 GiB/256 GB	445,6/489,3 MB/s	17.996	129 Sekunden	3 Jahre, 100 TB	2,62	02/2019	www.pcgh.de/preis/1880623
Patriot Burst	Ca. € 35,-	224 GiB/240 GB	479/443 MB/s	24.000	126 Sekunden	3 Jahre, 80 TB	2,69	07/2018	www.pcgh.de/preis/1686879
Ab 480 GB	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer R/W AS-SSD**	**IOPS**	**Kopiertest**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Samsung SSD 860 Pro	Ca. € 160,-	477 GiB/512 GB	451/489 MB/s	88.000	66 Sekunden	5 Jahre, 600 TB	2,10	07/2018	www.pcgh.de/preis/1756909
Samsung SSD 860 Evo	Ca. € 80,-	466 GiB/500 GB	446/489 MB/s	76.000	67 Sekunden	5 Jahre, 300 TB	2,14	07/2018	www.pcgh.de/preis/1756904
Crucial MX500	Ca. € 70,-	466 GiB/500 GB	445/475 MB/s	74.000	72 Sekunden	5 Jahre, 180 TB	2,22	07/2018	www.pcgh.de/preis/1745351
NEU Crucial BX500	Ca. € 65,-	466 GiB/480 GB	487/493 MB/s	5.891	92 Sekunden	3 Jahre	2,42	02/2019	www.pcgh.de/preis/1875767
Kingston SSDNow UV500	Ca. € 90,-	447 GiB/480 GB	475/502 MB/s	35.000	123 Sekunden	5 Jahre, 200 TB	2,49	07/2018	www.pcgh.de/preis/1805412
NEU Mushkin Source	Ca. € 80,-	466 GiB/500 GB	446/481 MB/s	36.000	86 Sekunden	3 Jahre	2,51	02/2019	www.pcgh.de/preis/1812579
Apacer Dual Interf. SSD AS720	N. verfügbar	447 GiB/480 GB	423/402 MB/s	27.000	92 Sekunden	3 Jahre	2,55	07/2018	www.pcgh.de/preis/1714206
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 120,-	466 GiB/500 GB	514/502 MB/s	89.000	72 Sekunden	5 Jahre	1,85**	08/2015	www.pcgh.de/preis/1194263
Ab 960 GB	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer R/W AS-SSD**	**IOPS**	**Kopiertest**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Samsung SSD 860 Pro	Ca. € 1.360,-	3.815 GiB/4.096 GB	505/484 MB/s	89.000	63 Sekunden	5 Jahre, 4.800 TB	1,88	07/2018	www.pcgh.de/preis/1759190
Samsung SSD 860 Evo	Ca. € 840,-	3.725 GiB/4.000 GB	510/487 MB/s	89.000	65 Sekunden	5 Jahre, 2.400 TB	1,93	07/2018	www.pcgh.de/preis/1756907
Samsung SSD 860 Pro	Ca. € 320,-	954 GiB/1.024 GB	446/489 MB/s	88.000	65 Sekunden	5 Jahre, 1.200 TB	1,97	07/2018	www.pcgh.de/preis/1756910
Samsung SSD 860 Evo	Ca. € 170,-	931 GiB/1.000 GB	442/488 MB/s	88.000	65 Sekunden	5 Jahre, 600 TB	2,02	07/2018	www.pcgh.de/preis/1756905
PCGH Hardware Crucial MX500	Ca. € 140,-	931 GiB/1.000 GB	445/459 MB/s	65.000	73 Sekunden	5 Jahre, 360 TB	2,06	07/2018	www.pcgh.de/preis/1745357
NEU Samsung SSD 860 QVO	Ca. € 310,-	1.863 GiB/2.000 GB	442/487 MB/s	57.315	76 Sekunden	3 Jahre	2,36	02/2019	www.pcgh.de/preis/1936302
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 340,-	954 GiB/1.024 GB	528/502 MB/s	90.000	73 Sekunden	10 Jahre	1,74**	08/2015	www.pcgh.de/preis/1136105
Toshiba Q300 Pro	Ca. € 370,-	954 GiB/1.024 GB	519/490 MB/s	50.000	69 Sekunden	5 Jahre	1,89**	05/2017	www.pcgh.de/preis/1424648
Sandisk Sandisk Ultra 3D	Ca. € 160,-	954 GiB/1.000 GB	507/469 MB/s	28.000	94 Sekunden	3 Jahre	2,19**	05/2017	www.pcgh.de/preis/1649846

* Altes Wertungs- und Testsystem

PCI-Express-SSDs

Produkt	Preis	Kapazität bin./dez.	Transfer R/W AS-SSD	IOPS	Kopiertest	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Samsung SSD 970 Pro	Ca. € 170,-	477 GiB/512 GB	2.840/1.910 MB/s	272.000	37 Sekunden	5 Jahre/ 600 TB	1,73	06/2018	www.pcgh.de/preis/1809120
NEU Corsair Force Series MP510	Ca. € 200,-	894 GiB/960 GB	1994/2517 MB/s	196.202	37 Sekunden	5 Jahre/ 1700 TB	1,75	02/2019	www.pcgh.de/preis/1907832
Samsung SSD 970 Evo	Ca. € 255,-	931 GiB/1.000 GB	2.772/2.420 MB/s	263.000	45 Sekunden	5 Jahre/ 600 TB	1,84	06/2018	www.pcgh.de/preis/1809117
WD Black NVMe (2018)	Ca. € 275,-	954 GiB/1.000 GB	2.082/2.140 MB/s	80.982	37 Sekunden	5 Jahre/ 600 TB	1,86	10/2018	www.pcgh.de/preis/1798509
Intel Optane SSD 900P	Ca. € 570,-	447 GiB/480 GB	2.316/1.920 MB/s	265.000	27 Sekunden	5 Jahre/ 8760 TB	1,91	02/2018	www.pcgh.de/preis/1717910
NEU Adata XPG SX8200 Pro	Ca. € 115,-	477 GiB/512 GB	1984/1928 MB/s	85.149	41 Sekunden	5 Jahre/ 320 TB	1,93	02/2019	www.pcgh.de/preis/1927166
Intel 760p	Ca. € 120,-	477 GiB/512 GB	2.692/1.568 MB/s	142.000	47 Sekunden	5 Jahre/ 288 TB	1,99	04/2018	www.pcgh.de/preis/1762016

* Altes Wertungs- und Testsystem

Festplatten (3,5 Zoll)

Ab 5.000 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	U/min	Lautheit Leerl./Zugr.	Zugriffszeit L/S**	Transfer L/S**	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
PCGH Hardware Seagate Ironwolf NAS HDD	Ca. € 310,-	9.313 GiB/10.000 GB	7.200	0,6/1,1 Sone	14,8/7,23 ms	188/186 MB/s	1,71	06/2017	www.pcgh.de/preis/1479598
Toshiba N300	Ca. € 170,-	5.586 GiB/6.000 GB	7.200	1,1/1,6 Sone	12,0/13,4 ms	167/163 MB/s	1,90	06/2017	www.pcgh.de/preis/1562775
Seagate Archive HDD 8TB	Ca. € 250,-	7.452 GiB/8.000 GB	5.900	0,5/0,6 Sone	13,5/14,0 ms	143/136 MB/s	2,23	08/2015	www.pcgh.de/preis/1204027
Altes Testsystem									
Bis 3.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
PCGH Hardware Toshiba DT01ACA300	Ca. € 70,-	2.794 GiB/3.000 GB	7.200	0,3/0,6 Sone	15,2/15,4 ms*	154/153 MB/s	1,90	01/2013	www.pcgh.de/preis/833757
Western Digital Red WD30EFRX	Ca. € 95,-	2.794 GiB/3.000 GB	5.400	0,2/0,3 Sone	19,9/21,0 ms*	112/112 MB/s	2,22	01/2013	www.pcgh.de/preis/807343
Bis 5.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Western Digital Black WD4003FZEX	N. verfügb.	3.726 GiB/4.000 GB	7.200	0,5/0,9 Sone	12,5/12,9 ms	145/146 MB/s	1,98	02/2014	www.pcgh.de/preis/1010394
HGST Deskstar HDS724040ALE640	N. verfügb.	3.726 GiB/4.000 GB	7.200	0,5/0,6 Sone	16,3/14,8 ms*	131/135 MB/s	1,98	02/2014	www.pcgh.de/preis/682487
Western Digital Red WD40EFRX	Ca. € 115,-	3.726 GiB/4.000 GB	5.400	0,4/0,5 Sone	16,6/18,5 ms	119/109 MB/s	2,06	02/2014	www.pcgh.de/preis/992027
Ab 6.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Seagate Enterprise Capacity 6TB	N. verfügb.	5.589 GiB/6.000 GB	7.200	0,6/0,9 Sone	12,5/4,3 ms*	167/167 MB/s	1,72	11/2014	www.pcgh.de/preis/1148556
HGST Ultrastar He6 6TB	Ca. € 310,-	5.589 GiB/6.000 GB	7.200	0,1/1,6 Sone	12,6/5,8 ms	143/143 MB/s	1,80	11/2014	www.pcgh.de/preis/1049476
Western Digital Red WD60EFRX	Ca. € 185,-	5.589 GiB/6.000 GB	K. A.	0,3/0,4 Sone	15,8/18 ms*	127/127 MB/s	2,05	11/2014	www.pcgh.de/preis/1143813

* Advanced-Format/4K-Sektoren | ** L/S: Lesen und Schreiben

Einkaufsführer Gehäuse, Netzteile & Sound

Preise: Stand 13.12.2018

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Gehäuse

Midi-Gehäuse	Format (Hersteller-angabe)	Preis	Lüfterplätze	Enthaltene Lüfter	Lautheit frontal/schräg (12 V/5 V)	Temperatur (CPU/GPU/HDD o. Innenraum***)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be Quiet Dark Base 900 Pro	Big-Tower	Ca. € 215,-	9 × 140 mm, 4 × 120 mm	3 × 140 mm	1,0/0,8 Sone***	65/69/37 °C	1,60***	09/2018	www.pcgh.de/preis/1837722
Aerocool XPredator II	Big-Tower	Ca. € 140,-	6 × 140 mm	5 × 140 mm	3,5/3,6; 2,4/2,5 Sone	70/67/32 °C**	1,70	09/2016	www.pcgh.de/preis/1435421
EVGA DG-87	Big-Tower	Ca. € 320,-	8 × 140 mm	6 × 140 mm	1,7/1,7 Sone***	62/69/35 °C	1,78***	11/2017	www.pcgh.de/preis/1479937
Fractal Design Define R6	Midi-Tower	Ca. € 130,-	8 × 140 mm/9 × 120 mm	3 × 140 mm	1,1/1,1 Sone***	60/71/37 °C	1,80***	02/2018	www.pcgh.de/preis/1746669
CM Cosmos C700M	Big-Tower	Ca. € 440,-	9 × 140 mm/120 mm	3 × 140 mm	1,7/1,6 Sone***	64/70/38 °C	1,83***	12/2018	www.pcgh.de/preis/1899185
CM Mastercase SL600M	Midi-Tower	Ca. € 200,-	4 × 200/140 mm oder 6 × 120 mm	2 × 200 mm	1,0/1,1 Sone***	62/68/37 °C	1,83***	12/2018	www.pcgh.de/preis/1912726
Fractal Design Define S2	Midi-Tower	Ca. € 135,-	9 × 140/120 mm	2 × 140 mm	1,3/1,3 Sone***	63/70/35 °C	1,86***	11/2018	www.pcgh.de/preis/1899348
Be Quiet Silent Base 801	Midi-Tower	Ca. € 130,-	8 × 140/120 mm	3 × 140 mm	1,1/1,2 Sone***	66/73/38 °C	1,87***	12/2018	www.pcgh.de/preis/1892117
Raijintek Zofos Evo	Big-Tower	Ca. € 160,-	6 × 140 oder 7 × 120 mm	3 × 120 mm	1,1/1,1 Sone***	65/71/35 °C	1,87***	12/2018	www.pcgh.de/preis/1789829
Be Quiet Silent Base 601	Midi-Tower	Ca. € 115,-	8 × 140/120 mm	2 × 140 mm	1,1/1,1 Sone***	64/70/37 °C	1,90***	11/2018	www.pcgh.de/preis/1874389
Corsair Carbide 600C	Midi-Tower	Ca. € 135,-	4 × 140 mm, 1 × 120 mm	2 × 140, 1 × 120 mm	2,9/3,0; 2,1/2,2 Sone	71/89/41 °C*	1,91	03/2016	www.pcgh.de/preis/1368613
Thermaltake Suppressor F51	Midi-Tower	Ca. € 90,-	3 × 200 mm, 2 × 140 mm, 2 × 120 mm	200 mm, 120 mm	2,6/2,8; 2,2/2,6 Sone	80/87/35 °C*	1,94	10/2015	www.pcgh.de/preis/1273311
CM Mastercase MC600P	Midi-Tower	Ca. € 115,-	6 × 140/120 mm	3 × 140	1,2/1,4 Sone***	64/70/34 °C	1,96***	05/2018	www.pcgh.de/preis/1752246
In Win 915	Big-Tower	Ca. € 570,-	8 × 140 oder 9 × 120 mm	4 × 120 mm	1,3/1,2 Sone***	66/74/36 °C	2,00***	12/2018	www.pcgh.de/preis/1871507
Be Quiet Dark Base 700	Midi-Tower	Ca. € 150,-	8 × 140/120 mm	2 × 140 mm	1,7/1,7 Sone***	58/70/38 °C	2,07***	02/2018	www.pcgh.de/preis/1721170

* System: Core i7-920, Stromsparmodi aus, Radeon R9 290(X) @ 55/50 % Lüfterdrehzahl, 3 x 2.048 MiByte DDR3-1280-RAM, Deep Cool Ice Matrix 400 @ 12 Volt (1.600 U/min), Seasonic Platinum Fanless 550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C
** System: Intel Core i7-4790; Intel Z87, Asus Geforce GTX 970 Direct Cu Mini (50 % Lüfterdrehzahl), 2 x 4.048 MiByte DDR3-1600-RAM, Thermalright AXP-100 (Lüftersteuerung: Standard), Seasonic Platinum Fanless 550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C
*** Neues Test-/Wertungssystem (siehe PCGH 02/2017)/Lüfterbestückung: 3 × 140 mm (Be quiet Silent Wings 2)

Netzteile

400 bis 600 Watt	Preis	PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)	Leistung +12 V	Lautheit*	Effizienz*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be Quiet Dark Power Pro 11 550W	Ca. € 125,-	4 × 6+2-Pin, 1 × 6-Pin (70 cm)	540 Watt	0,1/0,1/0,1/0,1/0,1 Sone	88/92/94/93/92 %	1,37	09/2016	www.pcgh.de/preis/1318886
Seasonic Prime Fanless 600 W	Ca. € 190,-	6 x 6+2 Pin (65 cm, 67,5cm),	600 Watt	0/0/0/0/0 Sone	91/94/95/9/94 %	1,32	09/2018	www.pcgh.de/fantitprime
Seasonic Focus+ Gold 550 W	Ca. € 75,-	2 x 6+2 Pin (67,5cm)	540 Watt	0/0/0/0,2/1,2 Sone	86/91/92/91/90 %	1,41	03/2018	www.pcgh.de/550focusg
Seasonic Focus+ Platinum 550W	Ca. € 90,-	2 × 6+2-Pin (70-80 cm)	540 Watt	0/0/0/0,3/2 Sone	87/92/93/92 %	1,50	03/2018	www.pcgh.de/focusplatinum550
Bitfenix Whisper M	Ca. € 90,-	4 × 6+2-Pin (68 cm)	550 Watt	0,1/0,1/0,1/0,1/0,5 Sone	88/92/93/92/91 %	1,54	07/2017	www.pcgh.de/Fluesterleise
Be Quiet Pure Power 500W CM	Ca. € 70,-	2 × 6+2-Pin (50 cm)	496 Watt	0,1/0,1/0,1/0,3/0,5 Sone	85/90/92/91/90 %	1,73	12/2018	www.pcgh.de/pure11
600 bis 800 Watt	**Preis**	**PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)**	**Leistung +12 V**	**Lautheit***	**Effizienz***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Corsair HX 750 750 Watt	Ca. € 130,-	2 × 6+2-Pin (60 cm)	750 Watt	0/0/0/1/2,2 Sone	88/92/93/92/91 %	1,47	03/2018	www.pcgh.de/corsairhx750
Enermax Platimax D.F. 750W	Ca. € 135,-	4 × 6+2-Pin (50-60 cm)	744 Watt	0/0/0,7/0,7/0,9 Sone	86/93/93/92 %	1,56	03/2018	www.pcgh.de/platimax750
Strider Platinum 650 Watt	Ca. € 130,-	4 × 6+2-Pin (70-80 cm)	650 Watt	0/0/0,4/0,4/0,6 Sone	89/92/93/91 %	1,64	03/2018	www.pcgh.de/striderplatinum
Über 800 Watt	**Preis**	**PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)**	**Leistung +12 V**	**Lautheit***	**Effizienz***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Corsair AX1600i	Ca. € 405,-	8 x 6+2 Pin (65 cm/67,5 cm)	1.600 Watt	0/0/0,3/1,3/2,8 Sone	93/95/95/94 %	1,34	07/2018	www.pcgh.de/AX1600i
Corsair HX1000i	Ca. € 160,-	4 × 2 6+2-Pin (60, 74 cm)	1.000 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/1,1 Sone	88/92/93/-/91 %	1,45	02/2015	www.pcgh.de/preis/1145509
EVGA Super Nova G2 850W	Ca. € 140,-	2 × 2 6+2-Pin (70, 85 cm), 2 × 6+2-P	850 Watt	0,1/0,1/0,6/1,1/1,6 Sone	85/90/92/-/89 %	1,85	02/2015	www.pcgh.de/preis/1083961

* Gemessen bei 10/20/50/80/100 Prozent Auslastung des Netzteils

Soundkarten

Soundkarten intern	Preis	Kanäle/Abtastrate	DAC/SNR (Kopfhörer)	Kopfhörerver-stärker	Dolby Digital Live/DTS Connect	Besonderheiten u. a.	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Creative Sound Blaster ZxR	Ca. 200,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/124 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/ja	Gesockelte Op-Amps, Tischbox	1,41	05/2015	www.pcgh.de/preis/886468
Asus Xonar Essence STX 2 7.1	Ca. 220,-	Bis 7.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/124 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/nein	Gesockelte Op-Amps	1,51	05/2015	www.pcgh.de/preis/1085709
Creative Sound Blaster X AE-5	Ca. 120,-	Bis 5.1/32 Bit bei 384 KHz	ES9016K2M/122 dB	Ja, LM4562	Nein/nein	RGB-Beleuchtung	1,80	02/2018	www.pcgh.de/preis/1658641
Soundkarten extern	**Preis**	**Kanäle/Abtastrate**	**DAC/SNR (Kopfhörer)**	**Kopfhörerver-stärker**	**Dolby Digital Live/DTS Connect**	**Besonderheiten u. a.**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Creative Sound Blaster X7	Ca. 330,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/127 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/ja	Ges. Op-Amps, Class-D-Verst.	1,31	01/2016	www.pcgh.de/preis/1207054
Creative Sound Blaster X G5	Ca. 120,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	CS4398/120 dB	Ja, TPA6120A2	Nein/nein	Auch abseits des PCs nutzbar	1,94	02/2018	www.pcgh.de/preis/1360767
Asus Xonar U7 MkII	Ca. 80,-	Bis 7.1/24 Bit bei 192 KHz	CS4398/114 dB	Ja, CS4398	Nein/nein	Mikr.-Lautstärkeregl. am Gerät	1,95	02/2018	www.pcgh.de/preis/1631776

Headsets

Headsets	Preis	Anschlussart	Bauart	Gewicht	Impedanz	Surround	Besonderheiten	Wertung	Test in	Preisvergleich
Audeze Mobius	Ca. 400,-	BT, USB (-A, -C)	Geschlossen, ohrumschließend	360 Gramm	K. A.	Ja, virtuell	Headtracking, 1.000 mW-Verstärker	1,24	01/2019	www.pcgh.de/preis/1872581
Beyerdynamic MMX 300	Ca. 300,-	Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	280 Gramm	32 Ohm	Nein	Teile wechselbar, handgefertigt	1,49	03/2017	www.pcgh.de/preis/1557567
Asus ROG Delta	Ca. 200,-	USB (-A, -C)	Geschlossen, ohrumschließend	370 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	ESS 9218 DAC, zus. Polster, Software	1,57	01/2019	www.pcgh.de/preis/1889019
Sennheiser GSP 550	Ca. 250,-	USB (-A)	Offen, ohrumschließend	370 Gramm	28 Ohm	Ja, virtuell	Kontrollen direkt am Gerät	1,57	01/2019	www.pcgh.de/preis/1923721
Corsair HS70 Wireless	Ca. 110,-	2,4-GHz-Funk	Geschlossen, ohrumschließend	280 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Umfangreiche Software	1,70	06/2018	www.pcgh.de/preis/1825710
Turtle Beach Atlas Elite	Ca. 100,-	Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	360 Gramm	32 Ohm	Nein	Anpassung für Brillenträger	1,71	01/2019	www.pcgh.de/preis/1876993
Lioncast LX 50	Ca. 50,-	Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	260 Gramm	50 Ohm	Nein	Kabelfernbedienung, extra Polster	1,94	03/2017	www.pcgh.de/preis/1560427

Die Redaktion

THILO BAYER
Chefredakteur | tb@pcgh.de | Aufgabengebiete: Heft, Website, Mädchen für alles

PC aktuell: Ich habe im Rahmen des Black Fridays endlich einen neuen Monitor gekauft. Der Acer XF270HUA überzeugt bisher mit IPS und 144 Hz.

Mein Highlight 2018 ... ist gar nicht so einfach zu benennen. Langweilig wird es im Hardwaremarkt sowieso nie und auch privat bleibt mein Leben dank zweier umtriebiger Kinder immer spannend. Ich hoffe, dass ich in den Weihnachtsferien noch eine gute Antwort auf die gestellte Frage finde.

Privat-PC: Core i5-6600K, Kingston 16 GiB DDR4-2666 Fury Black, Asus Z170 Pro Gaming, Asus ROG Strix GTX 1070 Ti Gaming, Acer XF270HUA

RAFFAEL VÖTTER
Leitender Redakteur | rv@pcgh.de | Fachbereiche: Heftplanung, Grafikkarten, GPU-Kühler, Spiele ...

PC aktuell: Ich habe Windows 10 „1809" installiert – erst mal nur auf dem Drittrechner (Unproduktivsystem). Das läuft zu meiner Überraschung ohne Probleme, wenn man von der ganzen Bloatware absieht, die sich immer wieder mitinstalliert. Eventuell packe ich das OS zwischen den Jahren auf die Hauptkiste.

Mein Highlight 2018 ... ist das ganze Jahr. Es war endlich mal wieder richtig spannend. Und 2019 wird mit neuen AMD-GPUs bestimmt noch besser!

Privat-PC: AMD Ryzen 7 1700 @ 2,5 GHz (ULV), Asus Crosshair VI Hero, 32 GiB DDR4, Titan X Pascal @ 2 GHz mit Arctic Hybrid III-140, LG DCI-4K-LCD

ANDREAS LINK
Leitender Redakteur Online | al@pcgh.de | Fachbereich: Online-Auftritt (pcgh.de)

PC aktuell: Der hängt aktuell übergangsweise an Hybrid-Internet, das an sonnigen Tagen 35 MBit/s schafft. Nutzbar, macht aber wenig Spaß wegen Verbindungsproblemen zu manchen Diensten, die ich mir noch nicht erklären kann.

Mein Highlight 2018 ... Lisa Su, die beim Formel-1-GP in China auf dem Grid bei Ferrari rumstand und vom Sky-Mann Martin Brundle, der sie nicht kannte, gefragt wurde, ob sie denn der englischen Sprache mächtig ist.

Privat-PC: Asus UX310UA (grau, Intel Core i7-7500U mit HD Graphics 620, 16 GiB DDR4-2133, 256 GB M2-SSD, 13,3 Zoll FHD-IPS-LED-Display [matt])

MARK MANTEL
Redakteur | mm@pcgh.de | Fachbereich: Online-Auftritt (pcgh.de)

PC aktuell: Joa, läuft, ne? Im Winter kann man ja jetzt wieder fast guten Gewissens daddeln.

Mein Highlight 2018 ... ist wohl der Prozessormarkt. Nach AMDs Ryzen-Start 2017 hat man 2018 den Druck auf Intel umso mehr gespürt, was die ganze Sache erheblich spannender macht als ein paar Prozent mehr Leistung (durch IPC oder mehr Takt) alle ein bis zwei Jahre.

Privat-PC: Ryzen 7 2700X, Asus Crosshair VII Hero Wifi, G.Skill Trident Z 32 GiB DDR4-3200, RX Vega 64, SSD 970 Evo 500 GB, Seasonic Focus Platinum

MANUEL CHRISTA
Redakteur | mc@pcgh.de | Fachbereiche: Monitore, Massenspeicher, Notebooks

PC aktuell: Mein PC ist aktuell, ja. Meine ADSL-Leitung mit 18 MBit/s aber aus dem letzten Jahrzehnt. Jeder Spiele-Download ist ein tagelanges Projekt.

Mein Highlight 2018 ... ist Fallout 76 mit all seiner Fülle an Quests und Multiplayer-Bespaßung! Kleiner Scherz. Ich versuche, mit Zynismus meine Fassungslosigkeit aufzuarbeiten, wie lieblos man eine Multiplayer-Umsetzung von Fallout hinklatschen kann. Als Fallout-Fanboy bin ich nur noch am Kotzen.

Privat-PC: Ryzen 7 1700X, MSI GTX 1070 Quick Silver, 16 GiB DDR4-2133, Samsung 960 Evo 500 GB, Viewsonic XG2703-GS, Röhrenradio-Gehäuse

PHILIPP REUTHER
Redakteur | pr@pcgh.de | Fachbereiche: Spiele, Sound

PC aktuell: Ich habe AC Odyssey tatsächlich beinahe durch, kaum zu glauben.

Mein Highlight 2018 ... waren die ersten, live und in Echtzeit bestaunten Szenen aus Cyberpunk 2077 – der Detailgrad des distopischen Zukunftsszenarios ist enorm, die Welt wirkt lebendig und in Sachen Gameplay und Spiel-Design traue ich CD Projekt eine Menge zu. Ich freue mich außerdem über sehr viele gute und anständig produzierte Indie-Titel, auch da gab es 2018 viele Highlights.

Privat-PC: i7-5820K @ 4,2 GHz, 32 GiB DDR4, SSDs: 2× 960 + 4× 512 GB; WD 3 TB, GTX 1070 @ ~2,0 GHz, SB ZxR, Asus STX II, 27-Zoll-Freesync-LCD

FRANK STÖWER
Redakteur | fs@pcgh.de | Fachbereiche: Eingabegeräte, Gaming Chairs, Gehäuse

PC aktuell: Aufrüstpläne für 2019 gibt es. Mal schauen, wie ich die finanziere.

Mein Highlight 2018 ... ist mein neuer Bürostuhl, der Gamechanger L, auf dem ich seit drei Monaten sitze. Der ist sehr ergonomisch und stützt meine Wirbelsäule mit seiner höhenverstellbaren Lehne besonders gut. Ach ja, der Release der Turing-GPU auf der Gamescom und die damit mögliche Raytracing-Optik in Battlefield 5 sind mit auch gut in Erinnerung geblieben.

Privat-PC: Core i7-3770K auf Asus-P8P67, 16 GiByte DDR3-1600-RAM, Asus Geforce GTX 1060 6GB Strix OC, 28-Zoll-UHD-LCD, Inwin 904 (Gehäuse)

ALEXANDROS BIKOULIS
Redakteur | ab@pcgh.de | Fachbereiche: VR, Netzteile und Software

PC aktuell: Bei mir hat sich die GTX 1060 in den Rechner geschlichen und ich habe damit ein kleines Update von 4 auf 6 GiByte Grafikspeicher bekommen. Ich bin gespannt, wie sich die Karte in meinem System schlägt.

Mein Highlight 2018 ... ist definitiv Red Dead Redemption 2. Auch wenn ich mir deshalb innerhalb der Redaktion immer wieder was anhören darf (wegen Konsole), das Spiel ist einfach ein Traum und ich entdecke jedes Mal etwas Neues.

Privat-PC: Intel Core i5-3450, P8B75-MLX (µATX), 8 GiByte DDR3-RAM, Gainward Geforce GTX 1060 Phoenix GS (6 GiByte)

TORSTEN VOGEL
Redakteur | tv@pcgh.de | Fachbereiche: Kühlung (Luft und Wasser), Mainboards, VR-Hardware

PC aktuell: Ein neuer Fernseher ziert das Wohnzimmer; der 9 Monate lang problemlos als Behelf genutzte Dell U2711 zieht auf den Schreibtisch der Freundin weiter – und produziert prompt Bildfehler?! Nach einem zielgenauen Schlag benimmt er sich wieder, hoffentlich wirkt diese „Reparatur" eine Zeit lang.

Mein Highlight 2018 ... heißt NF-A12x25. Rund 10 Prozent Vorsprung vor der alten Technikreferenz, perfektes Lager – im trägen Lüftermarkt eine Sensation.

Privat-PC: i7-6700K, Maximus VIII Ranger, 8 GiB DDR4, Palit GTX 980 Ti @ 1,5/4,2 GHz; alles @ Wakü. 24-Zoll-IPS-WUXGA, Nytro XF1440 800 GB

STEPHAN WILKE
Community Content Commerce Manager | sw@pcgh.de | Fachbereiche: OC, RAM, PCGH-Extreme-Forum

PC aktuell: LCD schwächelt nach Kaltstarts – bitte noch durchhalten! *hoff*

Mein Highlight 2018 ... im Redaktionsalltag ist das in Ausgabe 07/2018 debütierte RAM-Testsystem mit i7-8700K und Asus Maximus X Apex – viel Reserven, (bisher) keine Probleme. Als Spiel hat mich Kingdom Come: Deliverance trotz Schwächen begeistert und mit Realismus und Geschichtstreue in die Spielwelt hineingezogen. RPGs gehen auch ohne Drachen und Superhelden-Charakter!

Privat-PC: i9-7920X (OC), Strix X299-E, 32 GiByte DDR4, RX Vega 64 LC, 950 Pro 256 GB, 850 Evo 1 TB, Nupro A-300, EC1-B, K95 RGB, P27T-6 IPS, PC-A79B

DANIEL HOFFMANN
Volontär | dh@pcgh.de | Fachbereiche: Prozessoren, Linux

PC aktuell: Derzeit ist wieder Final Cut Pro X in Kombination mit Adobe After Effects in Verwendung. Damit klappt es tatsächlich am besten bei mir.

Mein Highlight 2018: Als Redakteur die Vorstellung des Core i9-9900K in New York. Als Spieler natürlich Red Dead Redemption 2 auf der Xbox One X. Als Hardware-Fan der Ryzen Threadripper 2990WX und als privater Mensch, das tolle Jahr mit meiner Freundin zu erleben.

Privat-PC: Macbook Pro 15" (Core i7, 16 GiB RAM, AMD Radeon Pro 560 und 512-GByte-SSD) mit Final Cut X, Blue Yeti und einer Logitech C922 Pro

WILLI TIEFEL
Volontär | wt@pcgh.de | Fachbereich: Alles – in Video-Form

PC aktuell: Hat nun dank einer sehr günstigen RX 570 eine neue Grafikkarte spendiert bekommen. Nachdem die HD 5770 aus 2009 als Übergangslösung doch etwas langsam war, ist das wohl ein wilkommenes Upgrade.

Mein Highlight 2018 ... war die Gamescom. Trotz Dauerstress und eines engen Terminplans war es doch ein schönes Erlebnis, mal hinter den Kulissen Hardware zu sehen, die nicht jeder zu Gesicht bekommt.

Privat-PC: i5-4670K @ 4,5 GHz, Z97-i, 16 GiByte DDR3-2133, Radeon RX 570 4 GiByte, 500-GB-SSD, Silverstone SG-05, Corsair K70 Lux, MX Master

Vorschau: 03/2019

Vergleich: Geforce RTX 2070*

Mittlerweile gibt es einen beachtlichen Haufen an Custom-Designs der neuen gehobenen Mittelklasse namens RTX 2070. Wir bitten zum dritten Turing-Vergleichstest.

Günstiger Arbeitsspeicher*

Wie schlagen sich günstige RAM-Riegel gegen etablierte Markenmodelle?

GPU-Referenz vs. Custom*

Inwiefern wirken sich Kühlung und Powerlimit auf die Leistung aus? Wir vergleichen Referenz- mit Custom-Design.

Weitere Themen (u. a.)*

- Best of CES: Welche Highlights hatte die Elektronikmesse zu bieten?
- Wasserkühler für die Geforce RTX 2080 Ti

Vollversion: State of Mind

Die nächste PCGH erscheint am 6. Februar. Abonnenten bekommen das Heft in der Regel einen bis drei Tage früher.

* Alle Angaben und Termine ohne Gewähr! Es kann aus Aktualitätsgründen zu außerplanmäßigen Änderungen kommen.

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

CMG
Computec Media Group

Ein Unternehmen der Marquard Media Group AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
Telefax: 0911/2872-200
leserpost@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Hans Ippisch (Vorsitzender), Rainer Rosenbusch, Christian Müller

Chefredakteur (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al)
Redaktion Alexandros Bikoulis (ab), Manuel Christa (mc), Daniel Hoffmann (dh), Philipp Reuther (pr), Frank Stöwer (fs), Willi Tiefel (wt), Torsten Vogel (tv), Stephan Wilke (sw), Mark Mantel (mm)
Mitarbeiter dieser Ausgabe Nico Ernst (nie)
Head of E-Commerce Daniel Waadt (dw)
Lektorat Claudia Brose (Ltg.), Birgit Bauer, Sonja Falk
Layout Frank Pfründer (Ltg.), Hans Strobel
Layoutkoordination Albert Kraus
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, ab, al, mc, mm, pr, fs, wt, rv, tv, dw, sw, fp, hs
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware
DVD-Produktion Thomas Dziewiszek

Vertrieb, Abonnement Werner Spachmüller (Ltg.)
Marketing Jeanette Haag
Produktion Martin Closmann (Ltg.), Uwe Hönig

www.pcgameshardware.de

Chefredakteur Online Thilo Bayer
Redaktion Andreas Link (Ltg.), Mark Mantel, Manuel Christa, Alexandros Bikoulis, Philipp Reuther, Frank Stöwer, Willi Tiefel, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke
Entwicklung Markus Wollny (Ltg.), René Giering, Aykut Arik, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora, David Turkadze
Webdesign Tony von Biedenfeld, Daniel Popa
SEO/Produktmanagement Stefan Wölfel

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Verantwortlich für den Anzeigenteil
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift
Anzeigenberatung Print
Judith Gratias-Klamt: Tel.: +49 911 2872-252; judith.gratias-klamt@computec.de
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de
Head of Digital Sales
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de
Anzeigenberatung Online Weischer Online GmbH, Elbberg 7, 22767 Hamburg
Tel.: +49 40 809058-2239, Fax: +49 40 809058-3239
www.weischeronline.de
Anzeigendisposition anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de
Es gelten die Mediadaten Nr. 32 (01/2019)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistender Unternehmer.
Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland
Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:
Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)
Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
Abonnementpreis für 12 Ausgaben: Magazin € 48,00 (€ 56,00 Österreich, € 60,00 Ausland), DVD € 62,- (€ 70,00 Österreich, € 74,- Ausland)

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Am Sandtorkai 74, 20457 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: LSC Communications Europe, ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Krakau, Polen

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

MARQUARD MEDIA

Deutschsprachige Titel:
PC GAMES, PC GAMES HARDWARE, PC GAMES MMORE, PLAY 4, N-ZONE, GAMES AKTUELL, SFT, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, EASY LINUX, RASPBERRY PI GEEK, WIDESCREEN, MAKING GAMES

Polen:
COSMOPOLITAN, HARPER'S BAZAAR, JOY, HOT MODA, SHAPE, ESQUIRE, PLAYBOY, CKM, JAMI

Ungarn:
JOY, ÉVA, INSTYLE, SHAPE, MEN'S HEALTH, RUNNER'S WORLD, PLAYBOY, APA

Ihr Lieblings-Magazin auch digital lesen!

PC Games Hardware gibt es in allen Variationen.

Sie müssen sich nur noch entscheiden, wie Sie Ihr Lieblings-Magazin lesen wollen: in gedruckter oder digitaler Form, einzeln oder im Abo.

Einfach, bequem, flexibel und immer dabei.

Auch als PDF-Download!

Oder wollen Sie einmal ein anderes Magazin ausprobieren?

Alle Magazine gibt es für Tablet, Smartphone, Kindle Fire, im Browser und klassisch am Kiosk.

shop.computec.de

Oder einfach in Ihrem Store nach dem Namen des Magazins suchen.

Available on the App Store · JETZT BEI Google Play · Available on kindle fire

Ein Angebot der CMG Computec Media Group

K70 RGB MK.2 LOW PROFILE

Mechanische Gaming-Tastatur

Die CORSAIR K70 RGB MK.2 LOW PROFILE RAPIDFIRE Gaming-Tastatur begeistert durch die neuen mechanischen CHERRY MX Speed Low Profile RGB-Tastenschalter, welche enormen Komfort dank flacher Bauweise, Tasten mit kurzem Auslöseweg und der Leistungsfähigkeit mechanischer Tastenschalter kombinieren. Das brandneue und schlanke Design ist nur 29 mm hoch, passt zu jeder modernen Desktop-Umgebung und bietet eine lebendige RGB-Hintergrundbeleuchtung jeder Taste.

Onlinetest: 10/2018
WERTUNG: 1,42
Corsair
K70 RGB MK.2 Low Profile Rapidfire
Hardware

ELITE HARDWARE
TweakPC.de

EXCELLENT HARDWARE
HARDWARELUXX

MX | CHERRY

STANDARD
MX SPEED SWITCH

MX LOW PROFILE
SPEED SWITCH

CUE
A CORSAIR INTERFACE

Erlebe atemberaubende
Lichteffekte mit CORSAIR iCUE
KOMPATIBEL ZU WINDOWS® 7, 8.1 UND 10

MEHR ERFAHREN UNTER CORSAIR.COM/DE